

KARBONAT- UND KIESELKRUSTEN IM
BURGSANDSTEIN UND FEUERLETTEN N-BAYERNS

D I S S E R T A T I O N

Zur Erlangung des Grades eines Doktors der Naturwissenschaften
der

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

vorgelegt von
HANS-JÖRGEN MOSES
BOCHUM 1986

KARBONAT- UND KIESELKRUSTEN IM BURGSANDSTEIN UND FEUERLETTEN N-BAYERNS		Seite
Vorwort		1
1. Zusammenfassung		3
2. Aufgabenstellung und Stand der Forschung		5
3. Abkürzungen		10
4. Die Faziesentwicklung des Sandsteinsystems und der Feuerletten in Bayern		12
5. Die Krustenkomplexe im höheren Keuper Südwestdeutschlands - eine Literaturübersicht		23
6. Zur Verbreitung fossiler und rezenter Krustenherbarme - eine Literaturübersicht		25
D I S S E R T A T I O N		
7. Sedimentpetrographische Untersuchungen		28
Zur Erlangung des Grades eines Doktors der Naturwissenschaften		
der		
RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM		
8. Petrographische Untersuchungen		43
9. Sedimentpetrographische Untersuchungen		50
10. Petrographie der Feuerletten		52
Anhang 1: Ergebnisse der chemischen Analysen (einzelne Aufstellung)		61
Anhang 2: Aufschluß- und Gipsanalysen		64
Anhang 3: Sedimentpetrographische Untersuchungen		74
Anhang 4: Literaturverzeichnis		77
Anhang 5: Zusammenfassung der Faziesarten und -entitäten		80

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abbildungsverzeichnis	
Vorwort	1
1. Zusammenfassung	3
2. Aufgabenstellung und Stand der Forschung	5
3. Arbeitsmethodik	10
4. Die fazielle Entwicklung des Sandsteinkeupers und des Feuerletzens in Bayern	12
5. Die Krustenkarbonate im höheren Keuper Süddeutschlands - eine Literaturübersicht	23
6. Zur Verbreitung fossiler und rezenter Krustenkarbonate - ein Literaturüberblick	25
7. Sedimentpetrographische Untersuchungen	28
7.1 Die Dolomite des Mittleren Burgsandsteins	28
7.1.1 Die Fazies der laminierten Dolomitkrusten	28
7.1.2 Die Fazies der Dolomitknollen	33
7.2 Die Dolomite des Feuerletzens	39
8. Geochemische Untersuchungen	43
9. Röntgenographische Untersuchungen	50
10. Diskussion der Ergebnisse	52
Anhang 1: Ergebnisse der chemischen Analysen (vollständige Auflistung)	61
Anhang 2: Aufschluß- und Schliffphotos	63
Anhang 3: Profilbeschreibungen	74
Anhang 4: Literaturverzeichnis	87
Anhang 5: Literatur-Quellen zu Fazieskarten und -profilen	92

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abb. 1 Verbreitung, Mächtigkeit und Fazies des Keupers	9
Abb. 2 Übersichtskarte zur Lage der bearbeiteten Profile	11
Abb. 3 Stratigraphisches Profil des Keupers im Gebiet um Coburg	12
Abb. 3a Stratigraphie des Keupers in Württemberg und Bayern	13
Abb. 4 Profile durch den Sandsteinkeuper und den Feuerletten in Nord-Bayern	14
Abb. 5 Isopachenkarte des Burgsandsteins in N-Bayern	20
Abb. 6 Faziesverteilung im Mittleren Burgsandstein N-Bayerns (Niveau der Dolomitischen Arkose)	21
Abb. 7 Fazies und Mächtigkeiten des Feuerlettens in N-Bayern	22
Abb. 8 Lithologie und Nomenklatur von calcrete-Profilen	27
Abb. 9 Naturdenkmal "Gruber Stein" südöstlich Coburg	29
Abb. 10 Petrographische Zusammensetzung des sandigen Dolomitsteins bzw. stark dolomitischen Sandsteins (feldspatführend) in den bearbeiteten Profilen	30
Abb. 11 Steinbruch an der Straße Brunn-Neuses a.R.	34
Abb. 12 Straßen-Profil an der B 289 Burgkunstadt-Mainroth	36
Abb. 13 Straßen-Profil an der B 289 Burgkunstadt-Mainroth	37
Abb. 14 Straßen-Profil an der B 289 Burgkunstadt-Mainroth	38
Abb. 15 Profil im Steinbruch a.d. Straße Altenstein-Junkersdorf	40
Abb. 16 Profil auf dem Betriebsgelände der Firma ESTO-Klinker Ebersdorf b. Coburg	42
Abb. 17 Korrelations-Diagramm Ba-Gehalte/Kornzahl-% Feldspat	47
Abb. 18 Ergebnisse der röntgenographischen Dolomitbestimmung	51
Abb. 19 Vereinfachter Profilschnitt durch den Sandsteinkeuper Nord-Bayerns	59
Abb. 20 Vereinfachtes Modell zur Rekonstruktion des Bildungsmilieus von laminierten und knolligen Dolomitstein-Krusten im höheren Keuper	60

Vorwort

Das Thema dieser Arbeit erwuchs 1979 aus der ständig zunehmenden Kenntnis über die Spezifika des lateralen und vertikalen Gesteinsaufbaus im Keuper Nordbayerns, die sich bei den Revisionsaufnahmen (LEITZ und SCHRÖDER ab 1977) vom locus typicus bei Coburg aus einstellten.

Herr Dr. LEITZ und Prof. Dr. SCHRÖDER gaben den Anstoß zu einer regionalen, exemplarischen Bearbeitung und genetischen Deutung der Krustenkarbonate. Sie betreuten Geländearbeiten, Suche nach Vergleichsliteratur und die Gestaltung der Arbeit in Text und Abbildungen. Herr Doz. Dr. RICHTER gab über seine Geländebefahrung im Herbst 1980 und Ko-Autorenschaft an einer Arbeit zur Milieu-Interpretation im Keuper (RICHTER et al. 1980) wichtige Impulse.

Wertvolle logistische und menschliche Unterstützung erfuhr die Geländearbeit durch Herrn Dr. med. FROBEL/Hassenberg und durch den Zugang zu Ausrüstung und Labors des Naturkundemuseums in Coburg (vor allem 1979 in der Anlauf-Phase).

Herrn Dr. AUMANN, Direktor des Museums, gilt mein herzlicher Dank.

Während der ersten Geländearbeiten verdanke ich wichtige Anleitungen und Geländehinweise zur Milieu-Interpretation Herrn Dipl.-Geol. A. GREENISH (seinerzeit ESSO-Erz GmbH Nürnberg) und seinem Kollegen W. HERR, die später auch die Faziesauswertungen nördlich Bayreuth ermöglichten, von denen ich für die regionalen Karten profitierte.

Die Zeit praktischer Tätigkeit bei der BP-Gelsenberg brachte neben der Einarbeitung in die Randfazies des Keupers in Mittelfranken wertvolle Anregungen durch die fachlichen Kontakte zu Herrn Dr. LANGE und Dr. GRIEBEL bzw. Dipl.-Geol. DASEN und zu bayerischen Landesamtsgeologen (vor allem Ltd. Reg. Dir. Dr. GUDDEN, Reg. Dir. Dr. HAUNSCHILD, Dr. BERGER). Herr DASEN legte immer wieder Wert darauf, daß das Ziel meiner Arbeit neben der praktischen Tätigkeit erhalten blieb.

Von Gewinn bei voller Wiederaufnahme des Themas im Winter 1982/-83 war ein Interims-Referat über den Stand der Arbeit im Doktoranden-Kolloquium im Geologischen Institut der RUB in Bochum und vor allem der daraus resultierende anschließende Kontakt und Gedankenaustausch mit Herrn Dipl.-Geol. DUCHROW.

Die Geländeergebnisse wurden in exemplarischen Aufschlüssen September 1983 der französischen Perm-Trias-Kommission vorgeführt (Leitung Prof. Dr. PALAIN, Prof. Dr. COUREL). Daran knüpften sich gewinnbringende Kontakte über neueste Literatur zu Krustenkarbonaten zu Frau Prof. Dr. GANDIN/Siena und zur paläogeographischen Situation und Genese zu Prof. Dr. GWINNER/Stuttgart, der nach diesem Treffen den ersten Manuskriptentwurf durchsah, Ergänzungsvorschläge einbrachte und sich zu weiterer Betreuung bereit erklärte, um die Anschlüsse und Vergleiche zu Württemberg zu komplettieren.

Weiterer Antrieb und Nutzen resultierte aus der kondensierten Vorstellung von Ergebnissen auf dem IAS-Kongreß (April 1984 in Marseille) und Kontakten zu Prof. Dr. GALL/Straßbourg und Mitarbeitern (Perm-Trias-Treffen, Juni 1984).

In der Schlußphase gebührt mein Dank für technische Hilfen für die Fertigstellung der Arbeit in Text und Abbildungen und/oder Rücksichtnahmen in der beruflichen Belastung meinen Kommilitonen und Freunden, den Herren S. FISAHN, P. GIESEN, R. LANOY, Frau B. KLARE und Frau B. MÜLLER für die Unterstützung durch Ablenkung und Durchhalte-Parolen. Frau R. BEHENNA für die Textüberarbeitung, Herrn Dipl.-Geol. G. BORG für Erfahrungsaustausch in Sachen Keuper, Herrn Prof. Dr. SCHMINCKE und seiner Mitarbeiterin Frau H. NIEPHAUS für die Anfertigung einiger Röntgenfluoreszenz-Analysen, Herrn Doz. Dr. ABRAHAM und seinem Mitarbeiter Herrn DETMAR für die Anfertigung von Mikrosonden-Analysen. Herrn Prof. KAMINSKI für die Möglichkeit zur Anfertigung der Photos am Institut für Umwelt- und Zukunftsforschung, Bochum.

1. Zusammenfassung

Die Erscheinungsformen von Caliche (dolcrete) im Keuper (Obere Trias) N-Bayerns werden untersucht und in ein paläogeographisches Modell eingeordnet. Karbonatgesteine mit typischen Merkmalen von Krustenbildungen sind in der Gesamtmächtigkeit des Keupers (max. 600 m) in ca. 30 % der Schichtenfolge entwickelt (vor allem im Sandsteinkeuper, resp. der Coburg-Folge, vgl. Abb. 3 u. 3a). Auf der Basis aller zugänglichen Unterlagen über Einzelprofile und aus Spezialkartierungen im Sandsteinkeuper und Feuerletten wurden Profilserien zur Stratigraphie vom Beckenzumrand und Isopachen- und Fazieskarten des Burgsandsteins und Feuerlettens entworfen. Die Lithologie und Nomenklatur fossiler und rezenter Krustenkarbonate wurde auf die Gesteine im höheren Keuper Süddeutschlands angewendet.

Ihre mächtigste Entwicklung erreichen Krustenkarbonate in zwei Niveaus:

- a) in überwiegend grobklastischen Sedimenten der Caliche (dolcrete) Sequenz (Terminologie nach RICHTER et al., 1980) des Sandsteinkeupers i.e.S., speziell des "Mittleren Burgsandstein", und
- b) in den tonig-siltigen Sedimenten des Feuerlettens.

Aufgrund hervorragender Aufschlußverhältnisse wurden Karbonatprofile dieser beiden Niveaus im nordöstlichen Bayern (Raum Coburg) intensiv bearbeitet.

Anhand der Lithologie können 2 Typen von Karbonatkrusten (dolcrete) im höheren Keuper unterschieden werden. In den feldspatreichen, dolomitischen Sandsteinen des Burgsandsteins treten laminierte und brekziierte Dolomikritlagen auf, die den Sandstein auf Kluft- und Schichtflächen durchdringen. Im Wechsel mit Dolomitlaminae treten Chalcedonlagen und -knollen auf.

Ein zweiter Typ von dolcrete sind hellgraue oder rötliche Dolomitstein-Knollen in einer siltigen oder sandigen Matrix. Karbonatprofile dieses Typs zeigen - vom Liegenden zum Hangenden - eine Entwicklung von einzelnen Knollen zu säulenförmigen Gebilden und Dolomitstein-Bänken. Charakteristische Gefüge sind Brekzien, konzentrische und radiale Schrumpfrisse und Laminierung.

Das mikroskopische Gefüge zeigt Mikrit-Agglomerate, Mikrit-umkrustete Klasten und PISOIDE. Die Dolomitstein-Krusten bilden linsenförmige Körper mit lateraler Ausdehnung von < 1 m bis mehr als 100 m und einer Mächtigkeit von weniger als 1 m bis zu mehr als 10 m.

Röntgenographische und mikroskopische Untersuchungen weisen die Dolomite beider Niveaus als fröhdiagenetische Bildung aus. Während laminierte Dolomikritlagen und Chalcedon-Quarz auf den Sandsteinkeuper beschränkt sind, können Dolomitstein-Knollen im Burgsandstein und im Feuerletten beobachtet werden.

Die Bildung der Krustenkarbonate des höheren Keupers erfolgte unter ariden bis semiariden Klimabedingungen. Der laminierte Dolomitstein des "Mittleren Burgsandsteins" bildete sich in einem Playa-Milieu (Karbonatmarschen nach RICHTER, 1985; sensu FREY-TET & PLAZIAT, 1982). Fazieskarten des Burgsandsteins zeigen, daß sich mächtigere dolcrete-Profile im Übergangsbereich zwischen sandiger Randfazies und tonig-evaporitischer Beckenfazies entwickelten. Sie geben einen Hinweis auf transgressive und regressive Tendenzen in der paläogeographischen Entwicklung des Keuperbeckens.

Die Dolomitstein-Knollen zeigen deutliche Parallelen zu rezenten und fossilen pedogenen dolcrete- und calcrete-Profilen. Deren Bildung erfolgte im vadosen Bodenbereich großflächig verbreiteter Überflutungsfazies.

2. Aufgabenstellung und Stand der Forschung

Mit der vorliegenden Arbeit soll an frühere Untersuchungen über die Karbonate des Burgsandsteins und des Feuerletzens angeknüpft werden. Anhand stratigraphisch äquivalenter Profile wurden in exemplarischen Aufschlüssen die Karbonate beider Niveaus unter folgenden Gesichtspunkten untersucht:

- laterale und vertikale Profilentwicklung der Karbonathorizonte und ihrer Wirtsgesteine
- Klassifizierung von Gefügen im Aufschluß und im mikroskopischen Bild
- Klärung der Diageneseabfolge, insbesondere die Einordnung von Verkieselungen und der Vorgang der Dolomitisierung
- Erarbeitung von geochemischen und röntgenographischen Daten und Vergleiche der Profile
- genetische Interpretation der Dolomite und ihre Einordnung in ein paläogeographisches Modell

THÜRACH (1888/89 und 1901) hat bereits auf der Basis seiner Kartiererfahrungen im Beckeninneren des Keupers und seiner vergleichenden Profilaufnahmen die Faziesübergänge vom Becken zum Rand und auch laterale Faziesübergänge (3 "Fränkische Keuperprovinzen") erkannt.

Im "Sandsteinkeuper" (1889, Abb. 11, S. 103) hat er das beckenwärtige Einsetzen und randwärtige Ausklingen von absätzigen Karbonateinschaltungen schematisch erfaßt. Im Text (1889, S. 59) hebt er die zonierte auftretende Vergesellschaftung mit "Hornstein" hervor. Im Feuerletten treten diese Einschaltungen von Karbonaten vom Beckeninneren bis zum Rand hin in der oxidierten, transgressiven, feinklastischen Fazies (Siltsteine) auf.

In der lithostratigraphischen Kartierung der Landesaufnahme ab 1870 hat es nicht an Versuchen gefehlt, diese Karbonate für Unterteilungen zu verwenden.

In den thüringisch-bayerischen Grenzblättern der amtlichen Landesaufnahme (BEYSCHLAG, 1895, LORETZ, 1895, PRÜSCHOLDT, 1895; bayerischer Anteil jeweils von THÜRACH aufgenommen) wurde diese auffällige Fazies im Sandsteinkeuper als "Dolomitische Arkose" ausgeschieden. Sie setzt im Beckeninneren etwa 20 m über dem obersten Evaporit-Niveau der "Heldburger Gipsmergel" ein und hält in dem hangenden Sandstein-Siltstein-Paket über 50 m Mächtigkeit bis etwa 15 m unter die Feuerlettenbasis aufwärts an.

Aus diesem Kenntnisstand der Kartierung und 2-jähriger Bereisung der Keuper-Aufschlüsse im - vorzugsweise - östlichen Süddeutschland gab THÜRACH (1889) seinen Überblick.

Im Feuerletten hat KRUMBECK (Bl. Erlangen N, 1931) beispielhaft versucht, diese Fazies der Karbonatgesteine kartistisch zu erfassen (später ULRICH, 1966) und sich nach Jahrzehnten einer Stagnationsphase in der Landesaufnahme auch neue Gedanken zur Genese gemacht.

Eine Zwischenbilanz des Wissens um die Faziesänderungen vom Becken zum Rand hatte zwischendurch EMMERT (1964, Erl. Geol. Karte Bayern) zusammengetragen.

Die in N-Bayern südlich von Coburg ausgedehnt verbreitete Fazies solcher Gesteine im Burgsandstein wurde ab 1965 im Fortgang der feldgeologischen Aufnahmen bekannt (OPITZ, 1964; HAHN, 1974; HEGENBERGER, 1968; HOFMANN, 1970; JANETZKO & ROLOFF, 1970). Untergliederungen im Sandsteinkeuper bauten inzwischen auf die Verfolgbarkeit von Siltstein-Horizonten (sog. "Leit-Letten"). Die laterale Unzuverlässigkeit der Karbonate für eine Kartierstratigraphie war augenfällig geworden (SCHRÖDER, 1974, Bl. Hofheim). Auf Bl. Pfarrweisach wurde ab 1977 in Material-Kartierungen 1:10.000 exemplarisch vorgeführt, welcher engräumige vertikale und laterale Wechsel der Karbonate, Siltsteine, Sandsteine möglich sind und wie dubios die Lithostratigraphie im

Sandsteinkeuper sein dürfte (KÜSTERING, 1979; KREGGE, 1979; SEZER, 1980; YALCIN, 1980).

Wertvoller Detailzuwachs kam bereits aus der frühen Phase der Uran-Prospektion (WELTE, 1962) im Gebiet um Coburg, dann später vermehrt im randwärtigen Bereich der Gebiete Bayreuth-Kronach (Fa. ESSO Erz GmbH, DIETRICH 1982; KÜRMANN, 1982; SCHUMACHER, 1982; LANGE, 1986; NOWAK, 1986) bzw. südwestlich Nürnberg (Gelsenberg AG; BORG, 1983). Das überschneidet sich zeitlich mit intensivierten Revisionsaufnahmen der Beckenfazies (Lit. in KREGGE & SCHRÖDER, 1981) und der Randfazies (Lit. in BORG et al. 1986), die neben der Kartierstratigraphie gezielte sedimentpetrographische Untersuchungen umfaßte, in denen zunächst im Feuerletten (FEHRLE, 1978), dann im Sandsteinkeuper ausgedehnt Krustenkarbonate beschrieben wurden (RICHTER et al., 1980; RICHTER, 1985).

Die fortgeschrittene Revision der Keuperstratigraphie (vgl. BORG et al., 1986), die fast lückenlos vorliegenden Kartierungen 1:25.000 (1:10.000 in Revisionsgebieten) nebst kompletter Aufschlußkenntnis waren der Auslöser, im Frühjahr bis Herbst 1979 mit den Geländeaufnahmen an exemplarischen Aufschlüssen in Krustenkarbonaten im Keuper zu beginnen (Umgebung Coburg in der Beckenfazies). Mitarbeit (Frühjahr 1980 bis Herbst 1981) in einem Uran-Projekt der Gelsenberg AG in Mittelfranken führte zu rascher Einarbeitung in die Randfazies dieses Gebietes und einem Zuwachs an Erfahrung in der regionalen Kenntnis der Oberen Trias. Die ursprüngliche Idee, Krustenkarbonate exemplarisch in den Rot-Formationen Mitteleuropas (Unteres Perm, Buntsandstein und Keuper) zu bearbeiten, wurden im Fortgang der Arbeiten abgeändert. Bei wachsender Literaturübersicht über fossile bis subfossile Krustenkarbonate zeigte sich, daß die besten exemplarischen Aufschlüsse, die sich als Vergleich auch für Perm und Buntsandstein eignen (vgl. z.B. ORTLAM, 1974), im höheren Keuper im östlichen Süddeutschland vorliegen, das zudem das größte Gebiet geschlossenen Keuper-Ausbisses im Germanischen Becken

ist (vgl. SCHRÖDER, 1982, Abb. 4). Im Fortgang der Arbeiten ab Januar 1983 wurde Vergleichsmaterial aus dem Rotliegenden (angefallen bei Kupferschiefer-Bohrungen in Hessen) und dem Keuper des Polnischen Beckens (Kernbohrungen, Geolog. Dienst Warschau) herangezogen.

Bei letzterem Material ging es um die Frage, ob die klimainduzierten Krustenkarbonate auch in der dolomitischen Siltsteinfazies des Polnischen Beckens verbreitet sein können und evtl. Anteil am Aufbau der intraformationellen Konglomerate haben ("Seitzsche Konglomerate", Lysow-Brekzie).

Aus der reichlichen Zahl der Kontakte und Anregungen ergibt sich die Liste derer, denen ich Dank abstatte.

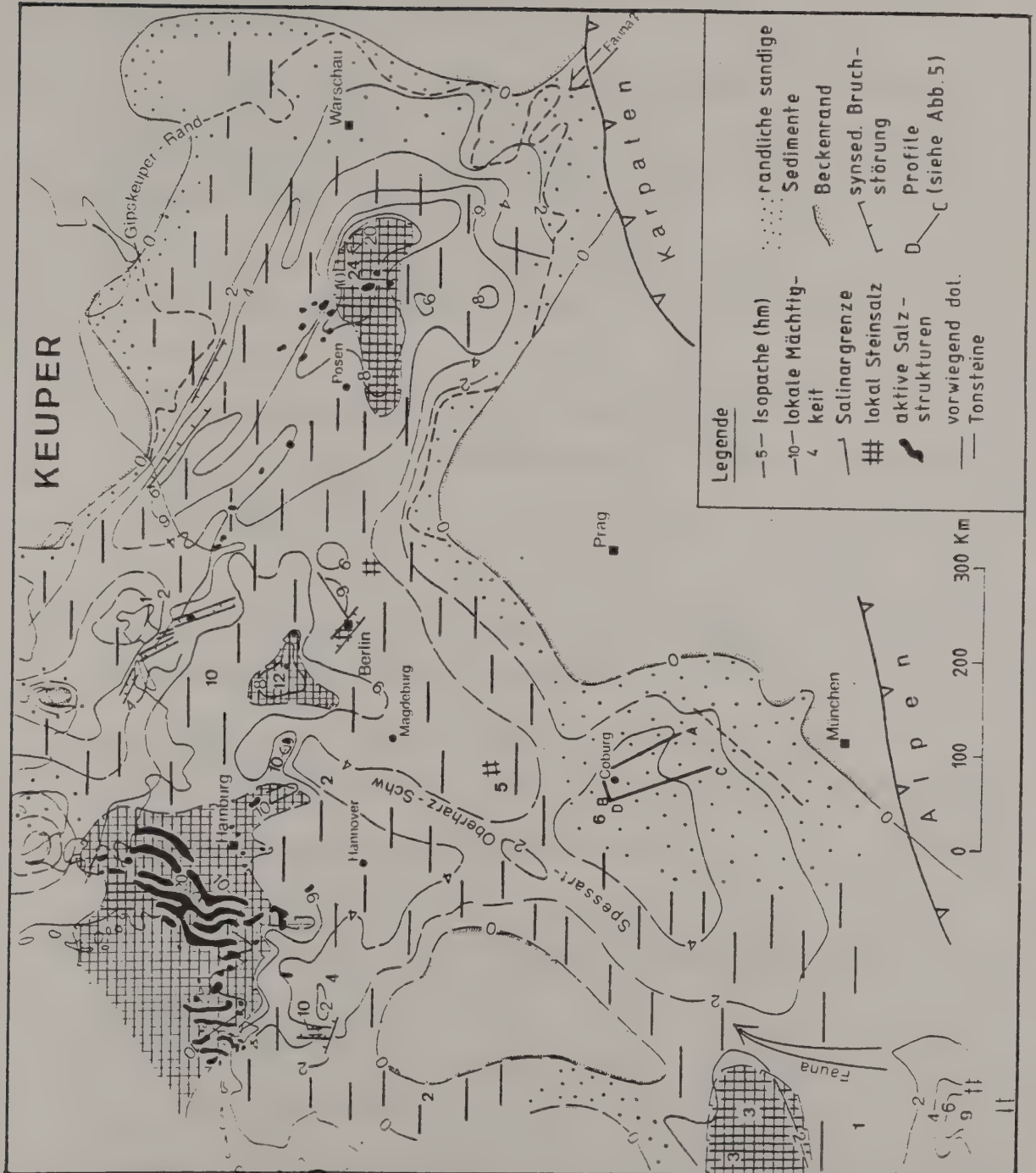


Abb. 1 Verbreitung, Mächtigkeit und Fazies des Keupers (kombinierte Darstellung aus SCHRÖDER, 1982, Abb. 4, S. 789, und BORG, LEITZ & SCHRÖDER, 1986 im Druck)

3. Arbeitsmethodik

Für die Untersuchung wurden aufgrund optimaler Ausbildung der Karbonatfazies und guter Aufschlußverhältnisse Profile in Nordbayern aufgenommen und beprobt (Übersichtskarte Abb. 2; für Aufschlüsse und Proben vgl. Abb. 9-18 und Tab.):

1. TK 5728 Oberlauringen, R 36 02 96, H 55 69 90
Profil Ochsenhügel (OH), östlich Sulzfeld
Feuerletten
2. TK 5732 Sonnefeld, R 44 33 61, H 55 65 65
Profil auf dem Betriebsgelände der Firma ESTO-Klinker,
Ebersdorf b. Coburg (E)
Feuerletten
3. TK 5732 Sonnefeld, R 44 28 72, H 55 67 40
Profil am Naturdenkmal Gruber Stein, südöstlich Coburg (GS)
Mittlerer Burgsandstein, Bank A
4. TK 5830 Pfarrweisach, R 44 09 66, H 55 59 72
Profil im Steinbruch an der Straße Altenstein-Junkersdorf
(AJ)
höherer Burgsandstein bis Feuerletten
5. TK 5830 Pfarrweisach, R 44 07 37, H 55 53 36
Profil im Steinbruch an der Straße Brünn-Neuses a. Raueneck
(NE)
höherer Burgsandstein
6. TK 5833 Burgkunstadt
Profile an der B 289 zwischen Burgkunstadt und Mainroth
(BgK)
Mittlerer Burgsandstein, Bank A



Abb. 2 Übersichtskarte zur Lage der bearbeiteten Profile

Die Aufschlüsse wurden zunächst großmaßstäblich photographiert, um die Korrelierung der lithologischen Profile zu vereinfachen und die Probennahme-Punkte zu dokumentieren. Bei der Beprobung wurde den megaskopisch unterscheidbaren Gefügen besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Die Karbonate wurden röntgenographisch auf ihren Ordnungsgrad und ihre Stöchiometrie hin untersucht. Die Tonminerale wurden auf gleiche Weise bestimmt. Eine Klassifizierung von Gefüge- und Zementtypen erfolgte anhand von 115 angefärbten Dünnschliffen, z.T. im Postkartenformat. Von den Karbonaten wurden Röntgenfluoreszenz-Analysen auf die Elemente Mg, Ca, Mn, Fe, Ti, Si, Sr und Ba durchgeführt. Von 3 repräsentativen Karbonatschliffen wurden punktuell Mikrosonden-Analysen angefertigt. Zur besseren Interpretation der paläogeographischen Lage der Profile wurden für die Bezugshorizonte Mächtigkeits- und Fazieskarten zusammengestellt.

4. Die fazielle Entwicklung des Sandsteinkeupers und des Feuerletzens in Bayern

Die fazielle Entwicklung des Sandsteinkeupers (Blasensandstein bis Oberer Burgsandstein, stratigr. Profil s. Abb. 3) erläutern 2 NW-SE verlaufende Profilschnitte (Abb. 4). Das Sand/Ton-Verhältnis, das Auftreten von Karbonat und die Mächtigkeiten der Sedimente spiegeln eine differenzierte Beckenentwicklung wider. Während im Profil C-D die Mächtigkeit von S nach N kontinuierlich zunimmt, weist das Profil A-B erhebliche Mächtigkeitschwankungen auf. Generell ist eine Zunahme des Ton- und Silt-Anteils nach N zu erkennen.

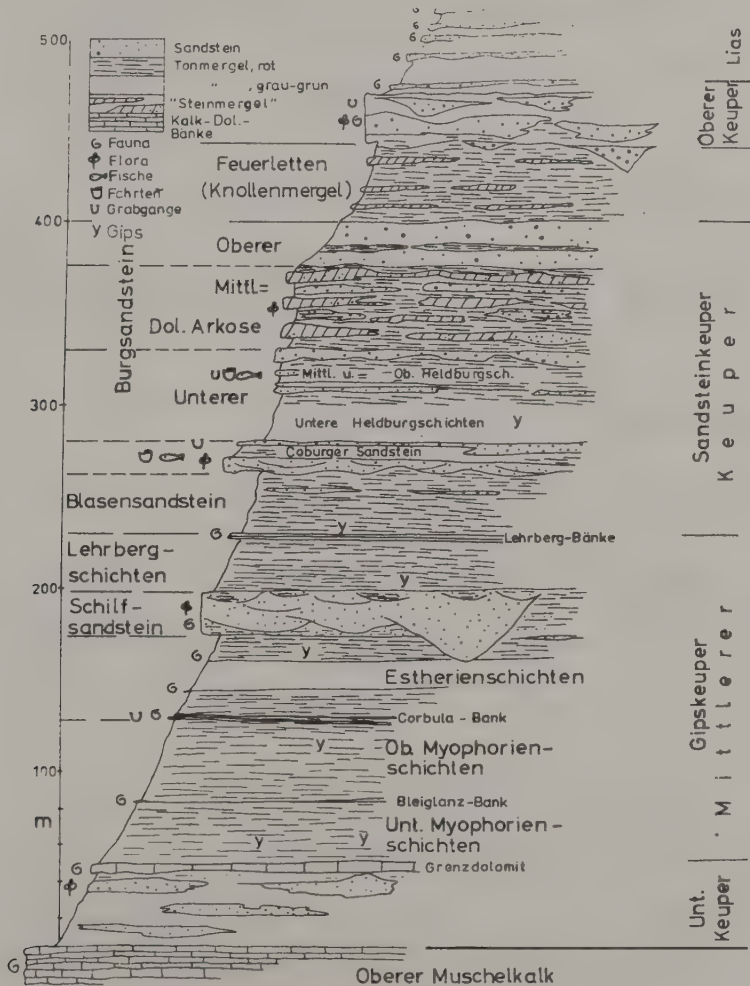


Abb. 3 Stratigraphisches Profil des Keupers im Gebiet um Co-burg (Lage vgl. Abb. 1 und 2); (aus: KREGES & SCHRÖDER 1981, Abb. 2 S. 9)

Gips und Steinsalz pseudomorphosen als Hinweis auf ein Evaporit-Milieu ziehen sich im SE vom tiefen Sandsteinkeuper nach NW in den höheren Burgsandstein hinauf und nehmen an Intensität zu. Einschaltungen von Karbonatknollen deuten sich im tiefen

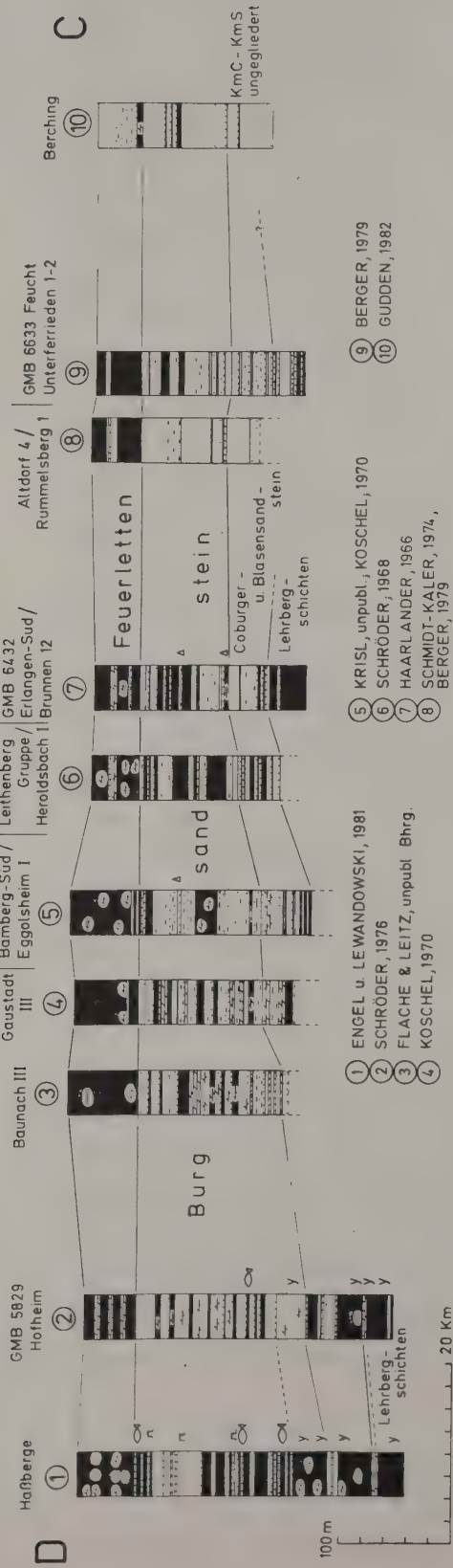
	Folgen	Baden-Württemberg		Bayern	
		Kartiereinheiten	Gesteinsfolge	Kartiereinheiten	Gesteinsfolge
Oberer Keuper		Oberer Keuper		Oberer Keuper	
Mittlerer Keuper	Coburg-Folge	Knollenmergel km5	Knollenmergel	Feuerletten kmF	Feuerletten
		Stubensandstein km4	Stubensandstein mit Lokalglied.	Burgsandstein kmB	Burgsandstein
		Oberer Bunte Mergel km30	Karbonatbank JF	Heidelberg-Gipsmergel	Heidelberg-Gipsmergel
		Kieselsandstein km3a	Kieselsandstein mit Lokalglied.	Coburger Sdst. Blasensd. i.e.S. kmB1	Blasensandstein
	Waldenburg-Subfolge	Bunte Mergel km3	Lehrberg-Sch. Lehrberg-Bänke	Lehrberg-Schichten kmL	Lehrberg-Bänke
			Rote Wand		Rote Wand
	Ansbach-Folge	Untere Bunte Mergel km3u	Hauptsteinmergel		Ansbacher Sdst.
	Stuttgart-Folge	Schilfsandstein km 2	Dunkle Mergel	Schilfsandst. kmS	Dunkle Mergel
			Schilfsandstein		Schilfsandstein
	Grabfeld-Folge	Gipskeuper km1	Estherien-Schichten	Gipskeuper i.e.S.	Anatina-Bank
			Anatina-Bank		Acrodus- und Corbula-Bank
			Engelhofer Platte		
			Mittlerer Gipshorizont		
			Bleiglanzbank		Bleiglanzbank
			Dunkelrote Mergel		
Unterer Keuper		Unterer Keuper	Bochinger Bank		
			Grundgips-Sch.		
			Grenz dolomit Bankstratigraphie		Grenz dolomit Bankstratigraphie

aus: GWINNER, M.P.; N.Jb. Geol. Paläont. Mh.; 4, Seite 231, Tab. 1; Stuttgart 1980

Abb. 3a Stratigraphie des Keupers in Württemberg und Bayern

SE

NW



SE

SW

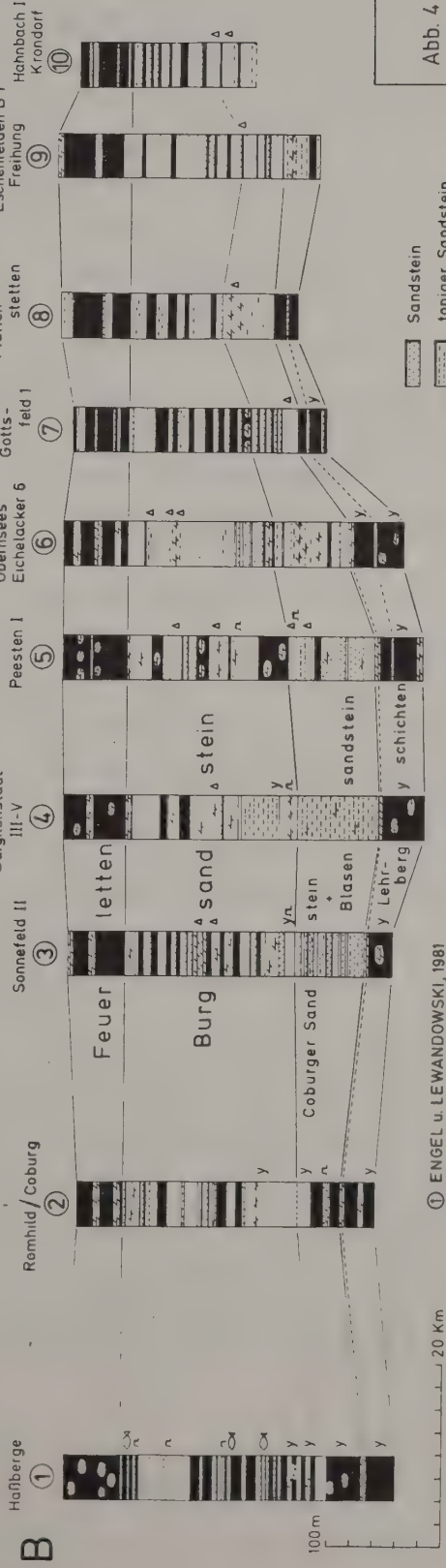


Abb. 4

Profile durch den Sand-
steinkuper und den
Feuerletten in Nord -
Bayern

Lage der Profile
siehe Abb 1 u 6

- Sandstein
- toniger Sandstein
- Ton, überwiegend rot
- " " grün-grau
- Karbonatnollen u. -banke
- y Gips
- Δ Chalcedon
- n Steinsalz pseudomorphosen
- ⊗ Fischreite

Sandsteinkeuper erstmals nördlich einer Linie Pfaffenstetten-Erlangen an (vgl. Abb. 4, 6), nehmen nach NW zu und konzentrieren sich im Raum Coburg-Sonnefeld-Burgkunstadt vor allem auf den Mittleren Burgsandstein (Fazies der Dolomitischen Arkose). Eine ähnliche Tendenz zeigt das Vorkommen von Chalcedon. Während sich Verkieselungen im SE auf das Niveau des tieferen Sandsteinkeupers konzentrieren, nimmt ihr Anteil im Sediment nach NW zu und erreicht im Raum Sonnefeld-Coburg-Helldburg im Niveau der Dolomitischen Arkose ein Maximum. Hier scheint Chalcedon im tieferen Sandsteinkeuper zu fehlen. Nördlich und nordwestlich dieses Gebietes ist der Sandsteinkeuper generell tonig-sandig entwickelt. Einschaltungen von Gips, Steinsalz pseudomorphosen und Fischschuppen-reichen Lagen belegen den Übergang in eine Beckenfazies. Dolomitknollen sind hier auf den tieferen Sandsteinkeuper beschränkt.

Auch der Isopachenverlauf des Burgsandsteins (Abb. 5) spiegelt eine differenzierte Beckenentwicklung wider. Auffällig ist eine ausgeprägte SE-NW orientierte Struktur im Isopachen-Verlauf, die auf zwei unterschiedliche Sedimentationsräume hinweist. Der Verlauf der 150 m-Isopache im NE-bayerischen/S-thüringischen Raum gestaltet sich schwierig, da die Mächtigkeiten hier offensichtlich engräumig variieren und nur wenige gesicherte Bohr- und Aufschlußprofile zur Auswertung herangezogen werden können. Nach SCHRÖDER (1971) zeigen Isopachen für den gesamten Sandsteinkeuper und den Unteren Keuper einen ähnlich ausgeprägten Verlauf.

Die hier skizzierte lithofazielle Entwicklung verdeutlicht die Schwierigkeit einer Korrelierung der rand- und beckenwärtigen Schichtenfolge. Hierbei muß vor allem berücksichtigt werden, daß das Sand/Ton-Verhältnis lokal deutlichen Schwankungen unterworfen ist. Aus diesem Grund wurde auf eine Darstellung des Sand/Ton-Quotienten im Kartenbild verzichtet.

Bei der Interpretation der Beckenentwicklung zur Zeit des Sandsteinkeupers kommt der Dolomit-Fazies eine besondere Bedeutung

zu. Insbesondere im Niveau des Mittleren Burgsandsteins nimmt der Dolomitanteil nicht nur in den tonigen, sondern vor allem in den grobklastischen Sedimenten von SE nach NW deutlich zu. In einer vereinfachten Fazieskarte des Mittleren Burgsandstein lassen sich 4 Faziesbereiche aushalten (vgl. Abb. 6):

1. sandig-tonige Fazies
2. sandig-tonige Fazies mit Chalcedon
3. Fazies der Dolomitischen Arkose mit Chalcedon
4. tonig-sandige Fazies (Evaporit-Milieu)

Demnach markiert die Zone verstärkter Karbonatssedimentation den Übergang einer grobklastischen Beckenrand- zu einer tonig-sandigen, evaporitischen Becken-Fazies.

Fazies und Mächtigkeitsverteilung des Feuerletzens in N-Bayern wurden in einer Karte zusammengestellt (Abb. 7). Die Auswertung der Bohrungen und Profile zeigte deutlich die Schwierigkeiten einer eindeutigen lithologischen Abgrenzung des Feuerletzens vom Liegenden (höherer Burgsandstein) und Hangenden (Oberkeuper). Der Feuerletten lagert offenbar einem Relief am Top des Sandsteinkeupers auf (bis zu 5 m Höhendifferenz; Lit. bei BORG et al. 1986). Diese Mächtigkeitschwankungen sind aber gering gegenüber Fehlern in der Grenzziehung zum Hangenden (Oberkeuper). In vielen Fällen sind in Bohrungen und Kartierungen vor allem nördlich einer Linie Nürnberg - Bayreuth rote Ton- und Siltsteine des Oberkeupers mit zum Feuerletten gezählt worden. Daraus resultieren vermeintliche engräumige Mächtigkeitschwankungen, die aber nur auf Unkenntnis der lokal wechselnden Materialverteilung im Oberkeuper beruhen (vgl. BORG et al. 1986). Nördlich dieser Linie mußten nahezu alle Mächtigkeitsangaben des Feuerletzens nach Bohrungen und Kartierungsergebnissen revidiert werden. Aus den genannten Gründen wurde auf eine Kartendarstellung mit Linien gleicher Mächtigkeit verzichtet und

einer flächenhaften Darstellung mit Gebieten von Mächtigkeitsintervallen (< 25 m, 25-35 m, 35-45 m, 45-55 m, > 55 m) den Vorzug gegeben. Generell zeichnet sich eine Mächtigkeitszunahme vom südlichen Feuerlettenbecken (0-40 m) in den nördlichen Sedimentationsraum ab (max. 57 m) (siehe Karte Abb. 7).

Die typische Fazies des nordfränkischen Feuerlettens sind rot-violette, z.T. auch grau-grüne Siltsteine (untergeordnet Tonstein; FEHRLE, 1978; GRÜNDER, 1978; KREGGE 1980; SEZER, 1980) mit bis zu mehreren Metern mächtigen, überwiegend dolomitischen Karbonatbänken (Steinmergel). Eine fein- bis mittelsandig durchsetzte Fazies (5-60 % Sandanteil) ist im südlichen und mittleren Franken bis auf eine Linie Kemnath/Pressath-Aalen zu verfolgen. Die Mächtigkeit der Sandeinschaltungen kann im südfränkischen Raum 10 m übersteigen (VIOHL, 1969). ULRICHS (1966) gibt für das Gebiet zwischen Röthenbach a.d. Peg. und Erlangen 2-6 m an. Engräumige Mächtigkeitsschwankungen und die geometrische Form der Sandkörper geben einen Hinweis auf mäandrierende Rinnensysteme mit großflächig verbreiteter Überflutungsfazies (VIOHL, 1969). So weist der Feuerletten im Gebiet Gunzenhausen-Weißenburg eine Fazies auf, "welcher Sandeinschaltungen größtenteils völlig fehlen" (VIOHL, 1969). In Gebieten mit sandiger Fazies treten Steinmergelbänke nur als akzessorischer Anteil am Sediment auf. Schon VIOHL (1969) weist darauf hin, daß der Karbonatanteil, besonders der Dolomit, beckenwärts zunimmt. In beiden Faziesbereichen sind Konglomerathorizonte verbreitet (Zanc-lodonbreccie nach GÜMBEL, 1891a; Plateosauruskonglomerat nach BLANCKENHORN, 1898), die selten über mehrere Kilometer aushalten und nur lokal stratigraphische Bedeutung erlangen. Ihrem Geröllspektrum nach handelt es sich hauptsächlich um aufgearbeitete Karbonatknollen mit akzessorischem Anteil an Quarz und Feldspat. Häufig gehen Steinmergelbänke lateral in Konglomeratlagen über.

Eine Diskussion paläogeographischer Konzepte für den Feuerletten N-Bayerns geben ULRICHS (1966) und VIOHL (1969). Aufgrund

seiner Kartierarbeiten im mittelfränkischen Raum (Röthenbach a.d.Peg.-Forchheim) interpretiert URLICHS den Feuerletten als Ablagerung in Süß- bis Brackwasser-Milieu. Dafür sprechen die Funde von brackischer Fauna und Strukturen von Blaualgen in den Steinmergelknollen. Er differenziert in einen unteren limnisch-brackischen Feuerletten und in einen oberen Bereich, dessen hoher Anteil an Sandstein für starken Süßwassereinfluß spricht. Eine Entstehung der Steinmergelbänke unter pedogenen Bedingungen hält URLICHS (1966) für unwahrscheinlich. VIOHL (1969) interpretiert den Feuerletten im südlichen Franken als Außenzone eines intermediären Faziesgürtels. Die Zunahme an Steinmergellagen beckenwärts ist seiner Meinung nach Hinweis auf einen distalen Faziesbereich. Beide Bereiche interferieren miteinander. Seine mikropaläontologischen Untersuchungen belegen ebenfalls eine brackische Ostracoden-Fauna, "ferner weitere kalkschalige Foraminiferen und erstmals auch Ophiuren- und Bryozoenreste" (VIOHL, 1969) - einzelne Funde in Schlammproben, die nach seiner Meinung für eine Ablagerung des Feuerlettens unter Meeresbedeckung sprechen.

Für eine rein äolische Entstehung hat sich erstmals FINCKH (1912) ausgesprochen. Er deutet den Feuerletten als Löß-Ablagerung und führt zum Beweis das fast "vollständige Fehlen von Dolomit" und Fossilfunde von "durchwegs großen, landbewohnenden Reptilien" an.

Die genetischen Überlegungen zur Ablagerung des Feuerlettens bedürfen einiger kritischer Anmerkungen.

URLICHS und VIOHL skizzieren für den Feuerletten ein Beckenmodell mit 3 Faziesbereichen: eine südliche grobklastische Randfazies, eine nördliche marin beeinflusste feinklastische Beckenfazies mit mächtigen Steinmergellagen und einen intermediären Bereich, der durch eine limnisch-brackische Fauna gekennzeichnet ist.

Nach eigenen Bearbeitungen der Feuerletten-Karbonate im nordfränkischen Raum konnte für deren Entstehung unter marinen Bedingungen kein Hinweis gefunden werden. Geometrie und Gefüge der Karbonatkörper lassen vielmehr auf separate flache Becken schließen, in denen sich Karbonatprofile unter den wechselnden Bedingungen von periodischer (oder episodischer?) flacher Wasserbedeckung und Austrocknung (arides bis semiarides Klima) entwickelten (siehe Kap. 7.2, Abb. 7; und Dipl.-Kartierung KÖSTERING, 1979). Eindeutige Hinweise auf Trockenfallen und Bodenverkrustungen, wie sie URLICHS vermaßte, finden sich durchaus in den Steinmergellagen (siehe Kap. 7.2 u. 10., vgl. auch RICHTER et al., 1980 u. RICHTER, 1985). Die Zufuhr von Wasser erfolgte nach starken Niederschlägen, wie auch von VIOHL als wahrscheinlich angenommen wurde. Rezente Beispiele aus ariden bis semiariden Gebieten bestätigen dieses Modell. Im Übergangsbereich sandige Randfazies/tonige Beckenfazies - der Begriff Beckenfazies soll hier im Sinne einer flachen, abflußlosen Senke verstanden werden (Restseen = playa lake) - ist durchaus ein Milieu mit Lebensbedingungen für eine Fauna gegeben, wie sie URLICHS und VIOHL beschrieben. Wenngleich die von FINCKH und anderen Autoren vertretene Auffassung einer rein äolischen Entstehung als einzigem Modell sicherlich nicht zu belegen ist, so muß doch ein äolischer Einfluß von den klimatischen Gegebenheiten her mit Sicherheit angenommen werden.



Abb. 5 Isopachenkarte des Burgraben Sandsteins in N-Bayern (für den Anschluß nach W siehe BRENNER, 1973)

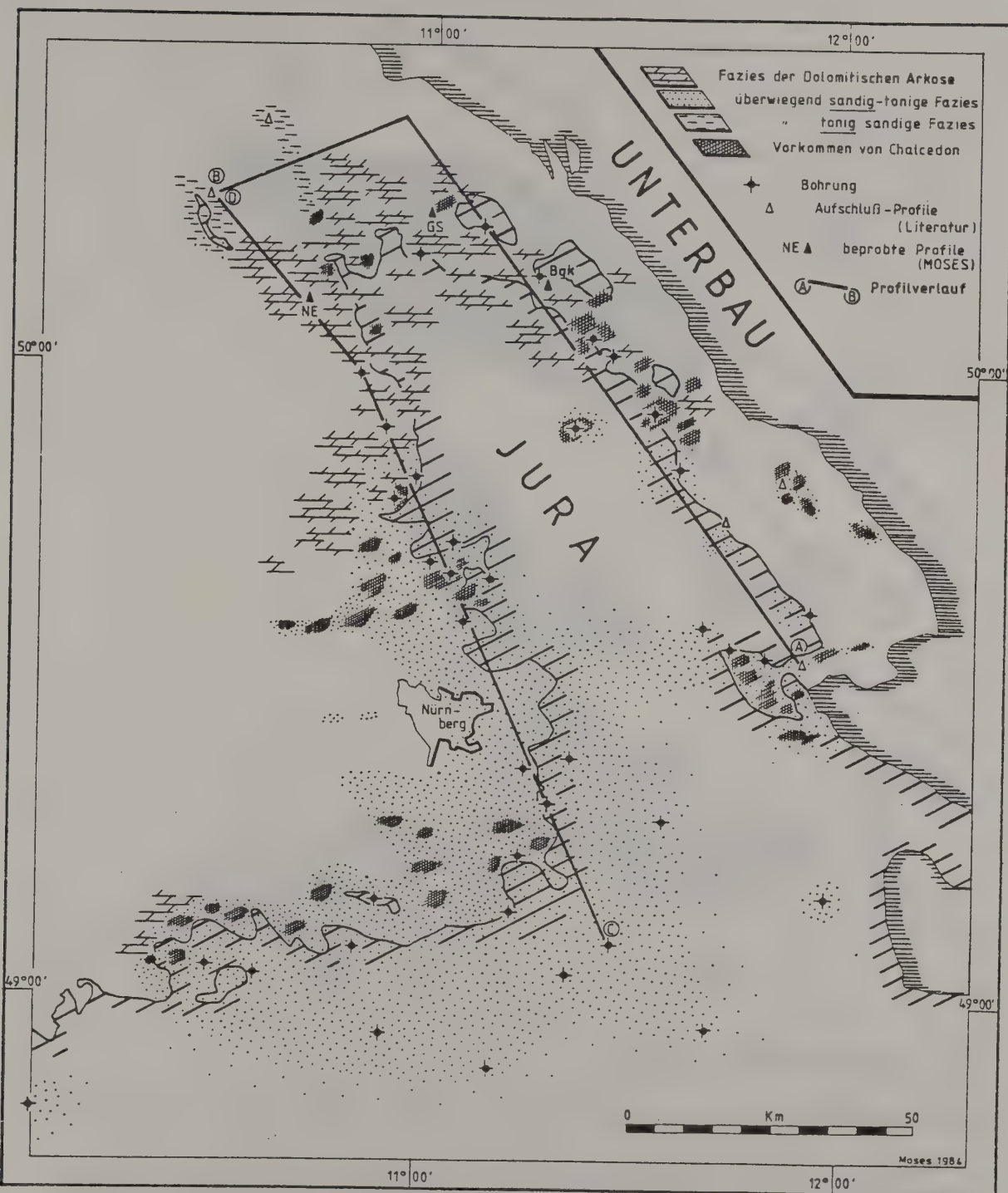


Abb. 6 Faziesverteilung im "Mittleren Burgsandstein" N-Bayerns (Niveau der Dolomitischen Arkose)
 AB und CD = Lage der Profile in Abb.4 (vgl. auch Abb.1)
 Verzeichnis der Literatur-Quellen siehe Anhang 5



Abb. 7 Fazies und Mächtigkeiten des Feuerletten in N-Bayern
Verzeichnis der Literatur-Quellen siehe Anhang 5

5. Die Krustenkarbonate im höheren Keuper Süddeutschlands - eine Literaturübersicht

In den lithofaziell sehr wechselhaften klastischen Sedimenten des höheren Sandsteinkeupers und des Feuerletzens in Bayern und Württemberg treten häufiger knollige und bankige Dolomit- und Kalksteine auf, deren stratigraphische Position, Geometrie und Lithologie in ihrem gesamten Verbreitungsgebiet große Ähnlichkeit zeigt. Die Bedeutung dieser Karbonatfazies im Hinblick auf paläogeographische und klimatische Aussagen wurde erstmals von FISCHER (1925) betont. Er gibt eine gute Zusammenfassung und Interpretation seiner detaillierten Beobachtungen an den Karbonaten und Verkieselungen der Dolomitischen Arkose und des Feuerletzens im fränkischen Raum. FISCHER (1925) interpretiert die Karbonatdiagenese als "terrestren Verwitterungsvorgang der Keuperzeit in den damals obersten Bodenschichten". MÜLLER (1955) fand bei seinen Untersuchungen an Karbonatgesteinen in stratigraphisch und faziell äquivalenten Sedimenten Nord-Württembergs Analogien zu den von FISCHER beschriebenen Gefügen. Aufgrund eigener Beobachtungen an rezenten Oberflächenkalken Algeriens konnte MÜLLER die Genese der Karbonate auf kapillaren Lösungs-transport und Ausfällungsmechanismen im Boden zurückführen. Neben sedimentpetrographischen Untersuchungen führte WELTE (1962) erstmals umfangreiche geochemische Analysen an Bohrproben der Dolomitischen Arkose im Raum Grub a. Forst südlich Coburg durch. Ziel seiner Arbeiten war die genetische Interpretation der dort auftretenden Uranmineralisation. WELTE deutet den Dolomit als primär gebildet. Seiner Meinung nach ist die Mineralisation mit der Dolomitisierung verknüpft. Auf die Arbeiten von URLICHS (1966) und VIOHL (1969) wurde bereits hingewiesen. URLICHS interpretiert zumindest einen Teil der Steinmergelknollen des Feuerletzens als Algenknollen. Generell geht er von einer Bildung der Karbonate unter Wasserbedeckung aus und sieht keine Möglichkeit für deren pedogene Genese. VIOHL zieht Parallelen

zu rezent gebildeten Kalkknollen und hält eine terrestrische Entstehung der Feuerlettenkarbonate für möglich. Die Steinmergelbänke des nördlichen Frankens sind seiner Meinung nach als Meeressedimente anzusehen. RICHTER et al. (1980) untersuchten die Karbonate im gesamten Keuper-Profil NE-Bayerns und postulierten anhand von Geländebefunden und sedimentpetrographischen, röntgenographischen und geochemischen Kriterien für die Dolomite des höheren Burgsandsteins und des Feuerlettens ein Caliche-Milieu. MERTEN & SCHNITZER (1981) lieferten Daten und Beobachtungen über die Karbonatknauern in den Letten des fränkischen Sandsteinkeupers westlich Bamberg. Für die Genese der ihrer Meinung nach frühdiagenetischen oder primär gebildeten Dolomitknollen skizzieren sie das Modell eines flachen, übersalzten Lagunenbereiches mit extrem ariden Klimabedingungen. RICHTER (1985) führte seine erstmals in RICHTER et al. (1980) veröffentlichten Ergebnisse über die Evaporit- und Caliche-Sequenz des mittleren Keupers bei Coburg fort. Neben ergänzenden geochemischen und sedimentpetrographischen Untersuchungen werden Daten aus Isotopenuntersuchungen vorgestellt. Nach RICHTER (1985) ist der Bereich Unterer Burgsandstein bis Feuerletten durch Karbonatmarschen- und Pedocrete-Dolomite charakterisiert. Die Dolomitisierung wird auf das "evaporative pumping" Modell (HSÜ & SIEGENTHALER, 1969) zurückgeführt.

6. Zur Verbreitung fossiler und rezenter Krustenkarbonate - ein Literaturüberblick

Zum besseren Verständnis der nachfolgenden Kapitel wird ein kurzer Überblick über nomenklatorische Probleme der Krustenkarbonate und deren rezente und fossile Vorkommen vorangestellt (vgl. Abb. 8).

Krustenkarbonate, sowohl pedogener Genese als auch Oberflächen-einkrustungen, wurden und werden in der Literatur häufig als "Caliche" bezeichnet. Sie sind in ariden bis semiariden Klimabereichen weit verbreitet (SW-Afrika; High Plains, USA; Australien; Spanien; Israel; Indien). Der Begriff Caliche ist dem Spanischen entliehen und bezeichnete ursprünglich jedwedes poröse, klastische Material mit kalkiger Umkrustung, sei es natürlicher oder technischer Herkunft. Synonym für Caliche sind in den Verbreitungsgebieten eine Vielzahl von Eigennamen gebräuchlich: Croule calcaire (Frankreich), Kankar (Indien), Nari (Israel), corne stone und calcrete (England), calcareous duricrust (Australien), calcrete und caprock (USA). In Anlehnung an internationale Bestrebungen (Anregung von D.H. YALON anlässlich 10th International Congress on Sedimentology, July 9-14, 1978) zur Vereinheitlichung der Nomenklatur wurde in der vorliegenden Arbeit auf den Begriff "Caliche" verzichtet und die Bezeichnung calcrete bzw. dolcrete (Dolomit-Kruste) gewählt. Das Beiwort "pedogen" wird hinzugefügt, sofern eine Diagenese in einem Bodenhorizont belegt werden kann.

ARISTARAIN (1970) gibt eine Definition für calcrete als epigenetische Anreicherung von Karbonat im unverfestigten Sediment unter Bodenbildungsbedingungen in aridem bis semiaridem Klima. Es wurden mehrfach Versuche einer Klassifizierung pedogener Krustenkarbonate unternommen, denen allen prinzipiell der Anteil an Karbonatzement, der Grad der Zementation und das Gefüge zur

Typisierung zu Grunde liegen (z.B. PRICE, 1933 u. 1958; NETTER-BERG, 1967, 1968 u. 1971; REEVES, 1970; STEELE, 1974). GILE et al. (1965) und GILE & HAWLEY (1966) benutzten erstmals eine der Bodenkunde angepaßte Nomenklatur mit Kodierungen. Sie führten für rezente calcrete-Profile nach dem prozentualen Anteil an Karbonatgefüge (K-fabric) eine Unterteilung in Horizonte und Subhorizonte ein (K_1 , K_2 , K_3). Diagenetische Veränderungen in den fossilen Karbonatprofilen machen eine Anwendung dieser Nomenklatur nicht sinnvoll. STEELE (1974, Abb. 8) entwickelte am Beispiel fossiler calcrete im New Red Sandstone, Schottland, eine Klassifizierung nach dem Karbonatgefüge und dem Anteil an Wirtsgesteinen.

Die detaillierte sedimentpetrographische, geochemische und hydrogeologische Bearbeitung rezenter calcrete-Profile durch zahlreiche Autoren ermöglichte Analogieschlüsse zu fossilen Karbonaten in ähnlicher Fazies. Hinweis für pedogene Karbonate finden wir seit dem Devon. ALLEN (1960) beschreibt in seiner Zusammenfassung älterer Literatur knollige Karbonate in Old Red Sedimenten Englands und differenziert in einer beschreibenden und interpretierenden Klassifizierung zwischen "concretionary cornstone" (kalkige Konkretionen, eingebettet in Mergel, die graduell in einen festen knolligen Kalkstein übergehen) und "conglomeratic cornstone" (Mergel- und Kalksteinbruchstücke, eingelagert in eine sandig-kalkige Matrix). WRIGHT (1982) untersuchte zyklisch auftretende calcrete-Profile in einer Überflutungsfazies von Rinnensystemen der Llanelly Formation (Unterkarbon), Süd Wales. Knollige Karbonathorizonte werden in Aufschlüssen und Bohrprofilen aus dem Rotliegenden der Weidener Bucht beschrieben (HELMKAMPF et al., 1982) und sind aus dem Weißliegenden des Spessarts und Nordost-Hessen bekannt (Prospektionsbohrungen der Deutschen BP AG und des BGR, 1980-1982). HUBBERT (1977) beschreibt fossile Bodenhorizonte mit calcrete-Gefüge aus braided-stream Sedimenten in der New Haven Arkose, Newark Group (Wende Trias/Jura), Connecticut. Auf die Vorkommen im

Keuper Süddeutschlands wurde bereits hingewiesen. Ein Beispiel für calcrete-Bildung in Tertiär-Sedimenten (Mittel-Miozän) ist der Albstein Südwestdeutschlands. NÄGELE (1962) beschreibt sehr detailliert teils calcitische, teils dolomitische Karbonatknollen und -krusten im Hangenden der Oberen Meeresmolasse. Aufgrund typischer Gefüge interpretiert der Autor den Albstein als Exsudationskalk, gebildet unter ariden bis semiariden Klimabedingungen.

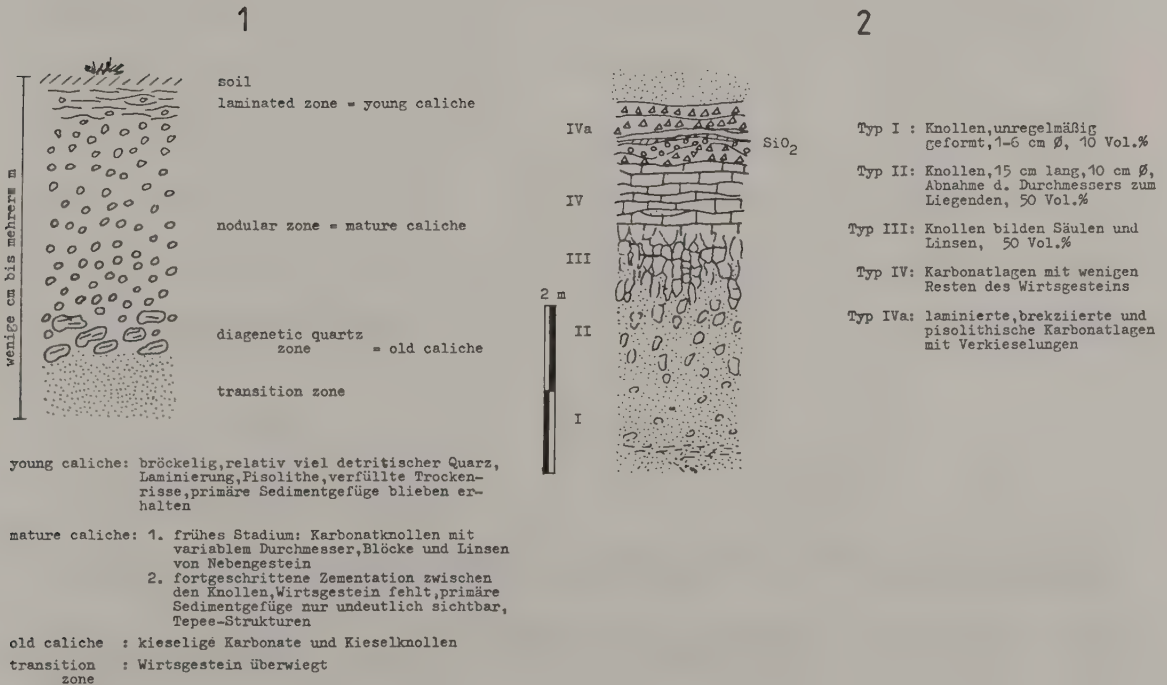


Abb. 8 Lithologie und Nomenklatur von calcrete-Profilen nach (1) REEVES (1970; Abb. 1, 357) und (2) STEELE (1974)

7. Sedimentpetrographische Untersuchungen

7.1 Die Dolomite des Mittleren Burgsandsteins

7.1.1 Die Fazies der laminierten Dolomitkrusten

In den wechselhaften Sedimenten des Mittleren Burgsandsteins, die im Becken im wesentlichen Merkmale mäandrierender Rinnensysteme und Überflutungsfazies aufweisen, bilden die bis zu mehrere Meter mächtigen Dolomithorizonte eine markante lithofazielle Einheit (Dolomitische Arkose).

Das Profil am Naturdenkmal "Gruber Stein" südöstlich Coburg (Profil 3 der Abb. 2; s. auch Abb. 9) ist nach HAHN (1965) als Bank A des Mittleren Burgsandsteins einzustufen. Laminierter Dolomikrit in Dezimeter- bis Millimeter-mächtigen Lagen kleidet Schichtfugen und Klüfte in den Sandsteinbänken aus und umkrustet - stellenweise allseitig - Dezimeter- bis Meter-große Schollen desselben (siehe Photo 2 u. 3 Anhang 2). Der dolomitisch zementierte Mittel- bis Grobsandstein (Feldspat-führend) zeigt eine in cm-mächtige Zyklen gegliederte Gradierung und Schrägschichtung. Im Fein- bis Grobkiesanteil fallen vor allem Dolomit- und Quarzklasten auf (Petrographie s. Abb. 10). Folgende Gefüge können im Dolomitstein beobachtet werden:

- laminierte Umkrustungen von Sandsteinschollen
- Brekzierung der Laminae in verschiedenen Stadien
- Lagen von invers gradierten Dolomikritbrekzien (Partikelgröße mm bis dm). Die Brekzien sind umkrustet von Dolomikritlaminae
- Tepee-Strukturen (nach WARREN, 1983; erstmalig definiert bei ADAMS & FRENZEL, 1950) im cm- bis dm-Bereich (s. Photo 1-3 im Anhang)

Brekzien-Lagen und laminierter Dolomitstein-Lagen können im Aufschluß über mehrere Zehner-Meter korreliert werden. Die Laminae zeigen Gefüge von Deformation in noch plastischem Zustand. Das Gefüge ist durch Schicht-parallele und vertikale Risse zerbrochen. Die Risse werden als Schwundrisse gedeutet, die bei

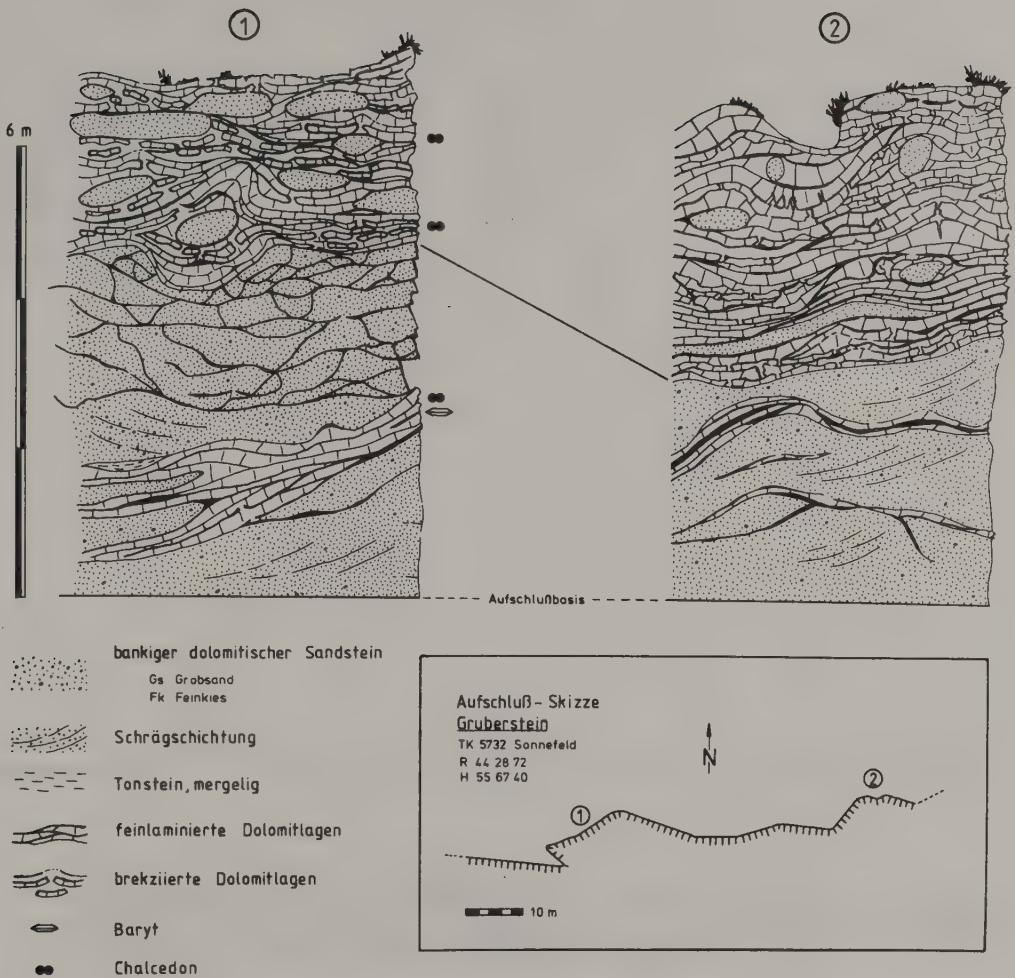


Abb. 9 Naturdenkmal "Gruber Stein" südöstlich Coburg (Profil 3 der Abb. 2)

höherer Intensität zu einer Schrumpfbrekzie führten. So können laminierte Lagen zum Top hin in Brekzien übergehen. Ein zweiter Typ von Brekzien läßt keinen Zusammenhang der einzelnen Partikel erkennen und deren Verrundungsgrad deutet auf Transportbeanspruchung hin. Beide Typen sind von mehreren, wenige μm breiten Mikritsäumen umgeben. Der Anteil der Laminae und Brekzien nimmt gegenüber dem Sandstein zum Top des Profils hin zu.

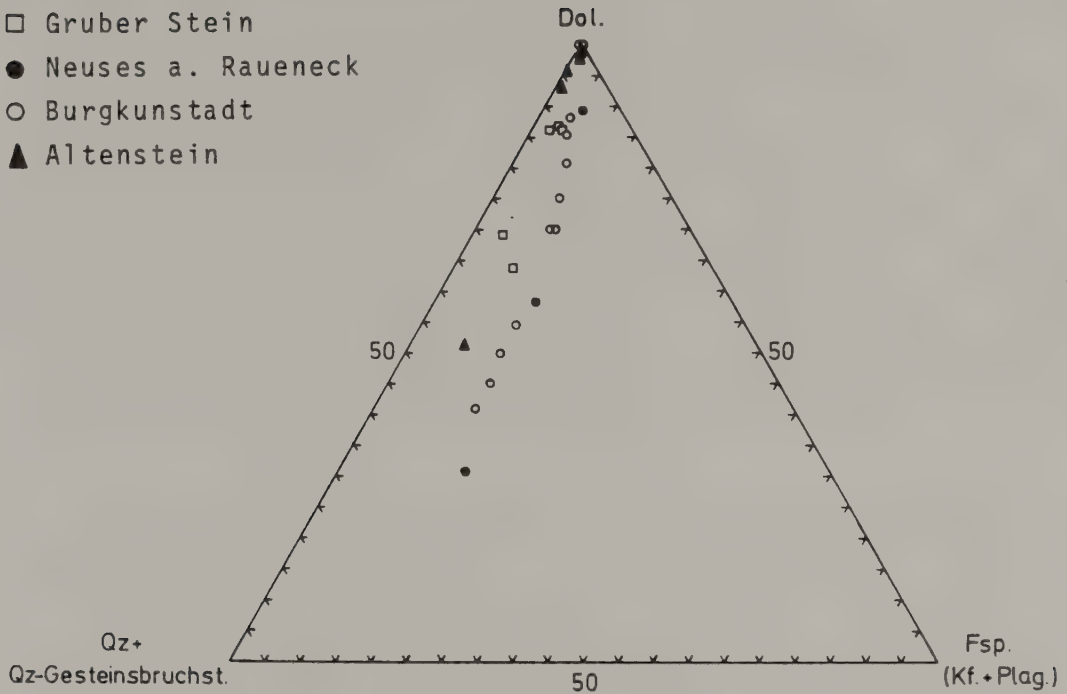


Abb. 10 Petrographische Zusammensetzung des sandigen Dolomitsteins bzw. stark dolomitischen Sandsteins (feldspatführend) in den bearbeiteten Profilen

Die Zerlegung des bankigen Sandsteins in einzelne Blöcke und Linsen ist intensiver. Im Wechsel mit den Dolomitlaminae treten konkordant > 1 mm bis mehrere cm mächtige Chalcedonlagen auf, die sich im Aufschluß nur über wenige dm verfolgen lassen. Häufiger finden sich, leider meist nur als Lesesteine, blaß graue, rote und blaugraue Chalcedonknollen. Die Typlokalität "Feuerfelsen" bei Coburg-Rögen (TK Sonnefeld, R 44 03 08 H 55 69 73) bietet einen Einblick in die intensiv verkieselten Dolomitsteinlagen des Mittleren Bursandsteins. Der Aufschluß ist stratigraphisch identisch mit dem Gruber Stein (HAHN, 1974).

Chalcedon ist hier bevorzugt an die nahezu detritusfreien Dolomitlagen und -brekzien der untersten 2 m des Aufschlusses gebunden. Er bildet schlottenartige, knollige und lagige Formen. Das sind Gefüge, die darauf schließen lassen, daß Hohlräume im Dolomikrit durch Chalcedon ausgekleidet wurden, die durch Schrumpfen des Dolomikrits bei Eintrocknung entstanden. Verrundete Dolomikritrelikte in den Verkieselungen geben aber auch Hinweis auf Anlösung des Dolomits bei der Platznahme des Chalcedon-Quarz. Im darüber anschließenden grobsandigen bis feinkiesigen Dolomit geht die Verkieselung deutlich zurück. Lesesteinfunde von Chalcedonknollen belegen aber auch deren Vorkommen in karbonat-freiem, grobklastischem Sandstein.

Die silikatischen Klasten zeigen fortgeschrittene Anlösung und Verdrängung durch Dolomit bis hin zur vollständigen Zerlegung der Körner. Die Klasten sind umgeben von mikro- bis makrokristallinem, einschlußreichem Dolomit und weisen in der Regel keinen Kornkontakt auf. Die Einschlüsse ($2-5\text{ }\mu\text{Ø}$) bilden zonierte Pigmentsäume oder konzentrische Formen, die den Dolomitzement durchziehen oder Klasten umgeben. Das Interngefüge dieser Säume deutet ein primär faseriges Wachstum der Kristallite an. Die Laminierung des Dolomitgesteins ist gegeben durch einen Wechsel von

- wenigen μ -mächtigen Chalcedon-Quarz-Lagen, die von Dolomit verdrängt werden (fächerartige undulöse Auslöschung im Dolomit und in Chalcedon-Quarz Relikten)
- strukturlosem Dolomikrit
- mikro- bis makrokristallinem Dolomitzement B (Mosaikgefüge) in Laminæ-parallelen Hohlräumen
- Anreicherungen von silikatischen Klasten und strukturlosen Mikritpeloiden

s. Photo 4-8 im Anhang

Interpartikelporen sind mit geopetal orientiertem Silt (Dolomit) ausgekleidet. Die jüngsten Zementgenerationen sind makrokristalliner Dolomit und Baryt, akzessorisch auch Calcit. Die Kieselknollen bestehen überwiegend aus faserigem Chalcedon-Quarz (L -). Die SiO_2 -Modifikation Quarzin-Quarz tritt nur akzessorisch auf. Schliffproben von Kieselknollen vom "Feuerfelsen" und von Lesesteinen im Gebiet um den "Gruber Stein" herum zeigen, daß Chalcedon primär vorhandene Karbonatbrekzien und -rundkörper verdrängt hat. Deren primäres Gefüge wird durch Schmutzsäume ("Leichenschatten") und ein unterschiedliches Kristallgefüge im Chalcedonzement dokumentiert. Während Karbonatpartikel durch mikrosphärolitischen Chalcedon-Quarz verdrängt wurden, sind Interpartikelporen durch grobfaserigen Chalcedon-Quarz und zuletzt durch mikro- bis makrokristallinen Quarz mit Mosaikgefüge zementiert worden. Mikrokristalline Dolomitrhomben im Chalcedon zeigen an, daß dieser wiederum durch Dolomit verdrängt wurde (s. Photo 9-10 im Anhang). Diese Beobachtungen im mikroskopischen Bereich werden ergänzt durch die bereits angesprochenen Lösungsgefüge im Aufschluß "Feuerfelsen". Beides sind wichtige Hinweise auf gravierende reversible pH-Milieu-Änderungen. Die hier beschriebenen Gefüge zeigen Analogien zu Beobachtungen von WALKER (1962, p. 238) an verkieselten Karbonaten (genetische Interpretation der Verkieselungen siehe Kap. 10, S. 58).

Ein dem "Gruber Stein" sehr ähnliches Profil ist in einem Steinbruch östlich Neuses a. Raueneck erschlossen (Profil 5 der Abb. 1; Abb. 11). In den unteren ca. 3 m des Profils wechseln laminierte Dolomikritlagen mit stark dolomitischem Sandstein (Petrographie siehe Abb. 10). Schicht-parallele Hohlräume und Klüfte sind mit Dolomit und Baryt belegt. Der Anteil an Baryt ist höher als der des Profils "Gruber Stein". Das mikroskopische Gefüge des Dolomitsteins und Sandsteins ist nahezu identisch mit den Proben des "Gruber Steins". Auch hier fallen in den Schliffen zonar gebaute Pigmentsäume auf, die die silikatischen und

dolomitischen Klasten umgeben. Verkieselungen sind nur im mikroskopischen Bereich zu beobachten.

7.1.2 Die Fazies der Dolomit-Knollen

Südöstlich von Burgkunstadt, an der B 289, erlauben gute Aufschlußverhältnisse eine laterale Verfolgung von dolomitisch zementierten Sedimenten des Mittleren Burgsandsteins (nach HEGENBERGER, 1968, Bank A des kmBm). Wenngleich stratigraphisch äquivalent zum Profil "Gruber Stein", so zeigen die Aufschlüsse bei Burgkunstadt eine gänzlich andere Dolomitfazies (Profil 6 der Abb. 2; Abb. 12-14, Photo 11-13 im Anhang). Der mittel- bis grobkörnige, konglomeratische Sandstein ist schräggeschichtet und bildet entsprechend seinem Anteil an Dolomit oder Tonmatrix bankiges Gefüge oder Hohlkehlen aus. Von einer sandig-tonigen Matrix heben sich aufgrund eines höheren Dolomitanteils knollige und linsige Körper ab. Hierbei muß zwischen Knollen unterschieden werden, die dem Schichtgefüge folgen und solchen - meist stark suturierten - Knollen, die einen solchen Zusammenhang nicht erkennen lassen. Generell nehmen deren Menge, Größe und Dolomitanteil zum Hangenden hin zu. Sandsteine mit toniger Matrix scheinen die Knollenbildung zu begünstigen. Gelegentlich beobachtet man im Zentrum solcher Gebilde eine konzentrisch angelegte Laminierung des Dolomits mit radialen und konzentrischen Schrumpfrissen. Sandige Dolomitstein-Knollen zeigen zum Hangenden hin einen kontinuierlichen Übergang zu nahezu sandfreien Dolomitischen-Knollen und beige-grauen Dolomitbänken mit knolligem Gefüge (s. Abb. 14, Profil 31-33 und 40). 2 Profiltypen sind charakteristisch für diese Fazies des Mittleren Burgsandsteins:

- Dolomitknollen mit wechselndem Anteil an silikatischem Detritus verdichten sich zu Wirtsgesteins-freien Dolomitlinsen mit Mächtigkeiten < 1 m und lateraler Ausdehnung von mehreren 10er Metern

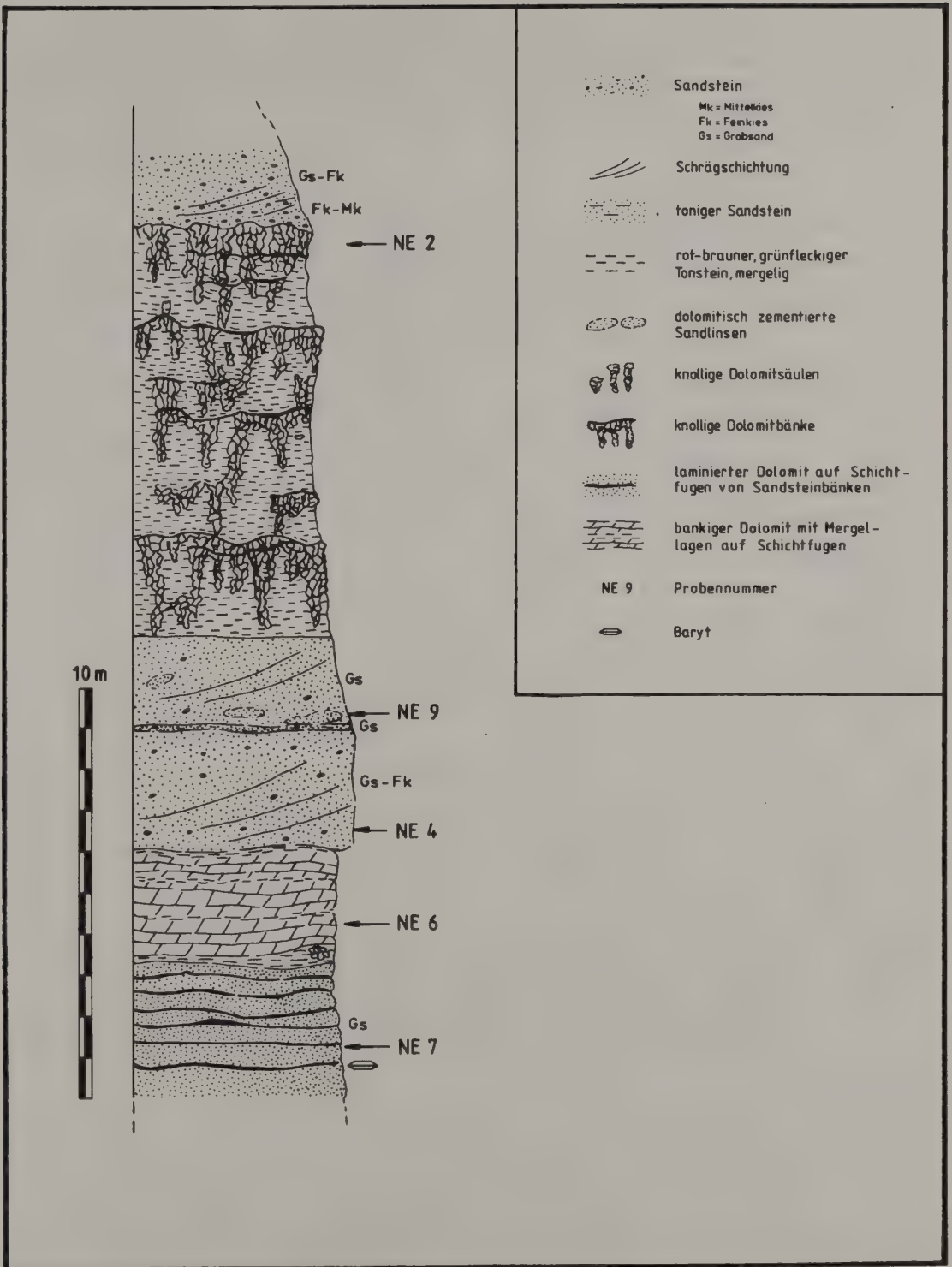


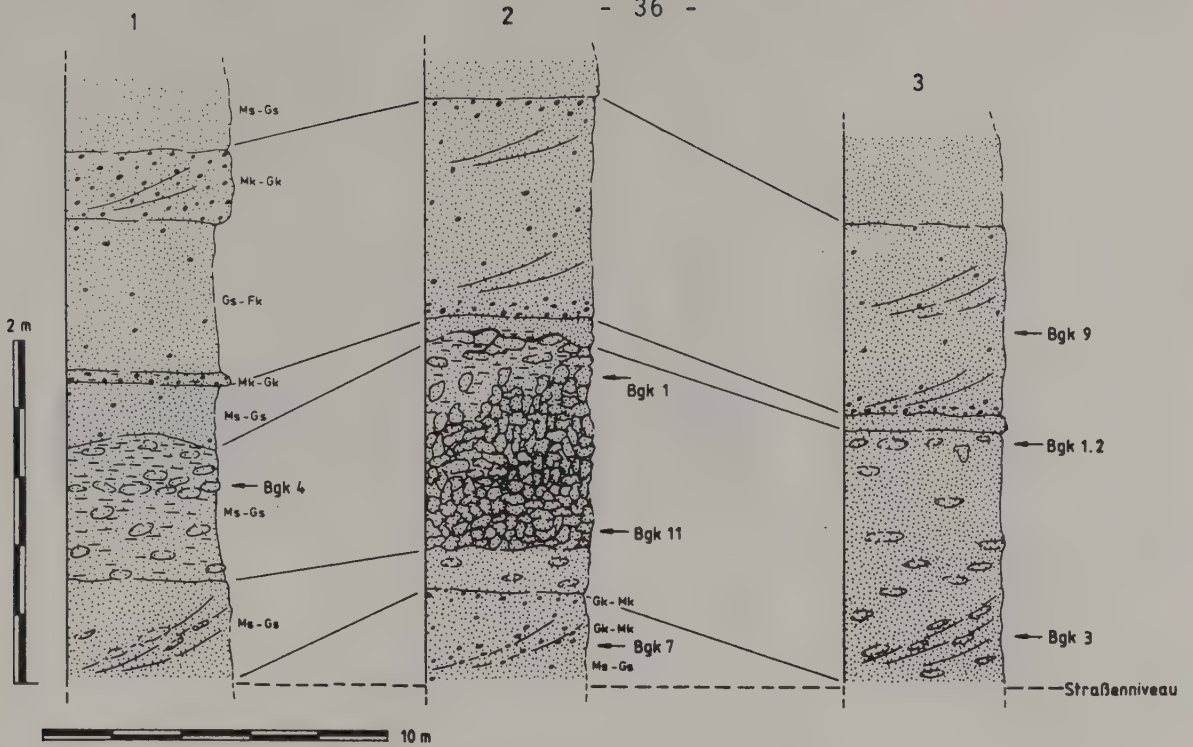
Abb. 11 Steinbruch an der Straße Brunn-Neuses a.R.
(Profil 5 der Abb. 2)

- Die Entwicklung eines solchen Profils wird durch erneute grobklastische Schüttungen unterbrochen und endet in einem Aufarbeitungshorizont (Dolomitskonglomerate u. -brekzien, Ton- u. Quarzgerölle). Dolomitsbrekzien geben Hinweise auf Aufarbeitung in unmittelbarer Nähe.
(s. Abb. 14, Profil 40)

Bei Profilpunkt 25 (s. Abb. 13) ist an der Basis ein 20-25 cm mächtiger rot-brauner Grobsilt-Horizont mit vertikal orientierten hellgrünen Reduktionshöfen erschlossen. Am Top dieses Horizontes finden sich einzelne Dolomitknöllchen.

Nach ORTLAM (1974, S. 858, Abb. 13 u. 14) ist hier ein fossiler Boden dokumentiert. Die Reduktionshöfe werden bei ORTLAM (1974) als Bioturbationsgefüge interpretiert.

Das mikroskopische Bild (Photo 14-16 im Anhang) zeigt silikatische Klasten in fortgeschrittenem Stadium der Verdrängung durch mikritischen und mikrokristallinen Dolomit (neue, ergänzende Interpretation gibt RICHTER, 1985). Die Klasten haben selten Kornkontakt. Häufig ist silikatischer und dolomitischer Detritus von einem wenige μ -breiten, strukturlosen Dolomikritsaum umgeben. In den sandigen Dolomitknollen nimmt der Anteil an Dolomikrit von außen nach innen zu, Volumen und Größe der silikatischen Klasten nehmen infolge Anlösung ab. Im Kern finden sich Mikritagglomerate und Psoide. Die Psoide sind generell hohl und bestehen aus wenigen Dolomikritsäumen. Deren Anlagerungsgefüge ist unsymmetrisch. Typisch sind konzentrisch und radial angelegte Schrumpfrisse. Verzweigte Poren sind randlich mit einem wenige μ -breiten Mikritsaum ausgekleidet. Dem folgt ein geopetal orientierter vadoser (?) Dolomitzement. Die jüngste Zementgeneration ist ein Fe-reicher makrokristalliner Dolomit.



- dolomitischer Sandstein
- Gk = Grobkies
- Mk = Mittelkies
- Fk = Feinkies
- Gs = Grobsand
- Ms = Mittelsand
- Fs = Feinsand
- Schrägschichtung
- Aufarbeitungs-konglomerat
- toniger Sandstein
- rot-violetter u. hellgrüner Tonstein, mergelig
- einzelne sandige Dolomitknollen
- sandige Dolomitknollen mit Andeutung von Laminierung
- Dolomitknollen
- hellgrauer, bankiger Dolomit
- Bgk. 4 Probennummer
- 31 Profilpunkt

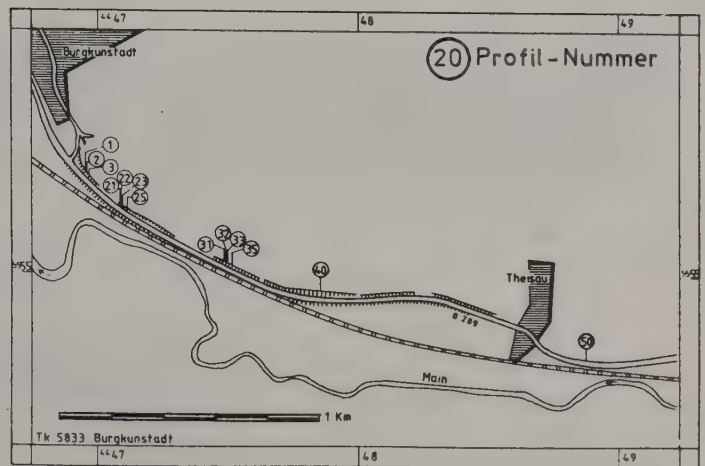


Abb. 12 Straßen-Profil an der B 289 Burgkunstadt - Mainroth (Profil 6 der Abb. 2)

25

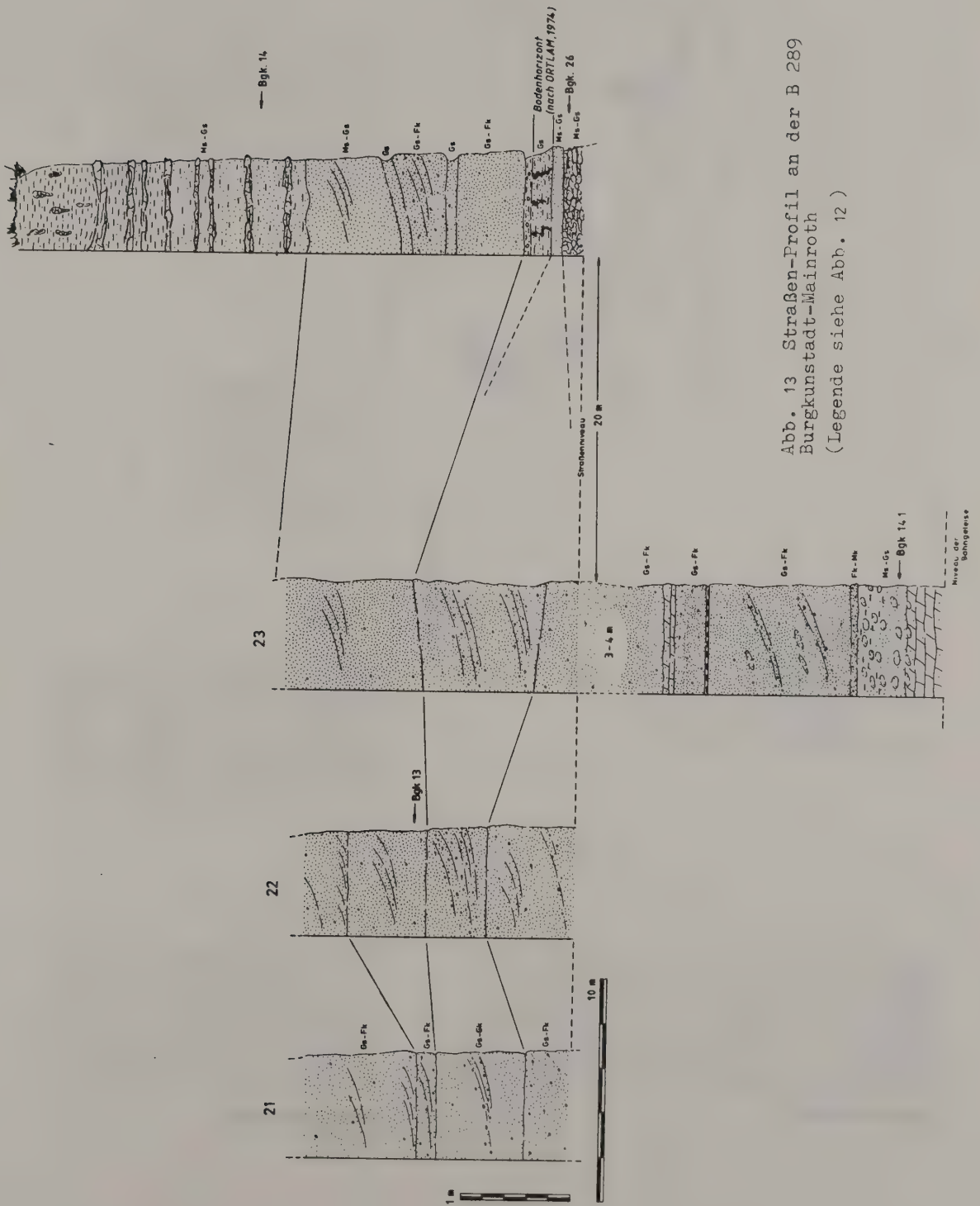


Abb. 13 Straßen-Profil an der B 289
Burgkumstadt-Mainroth
(Legende siehe Abb. 12)

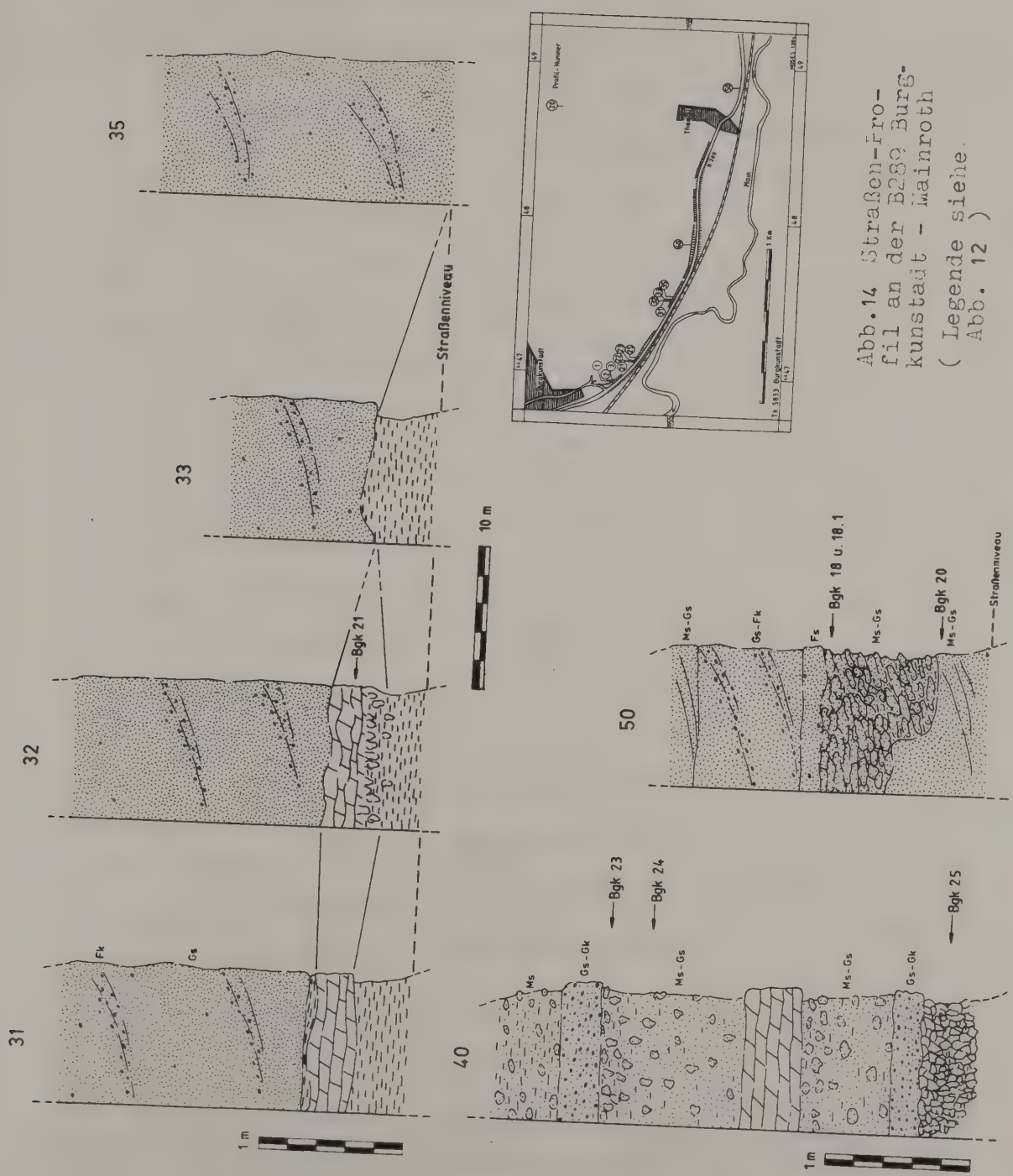
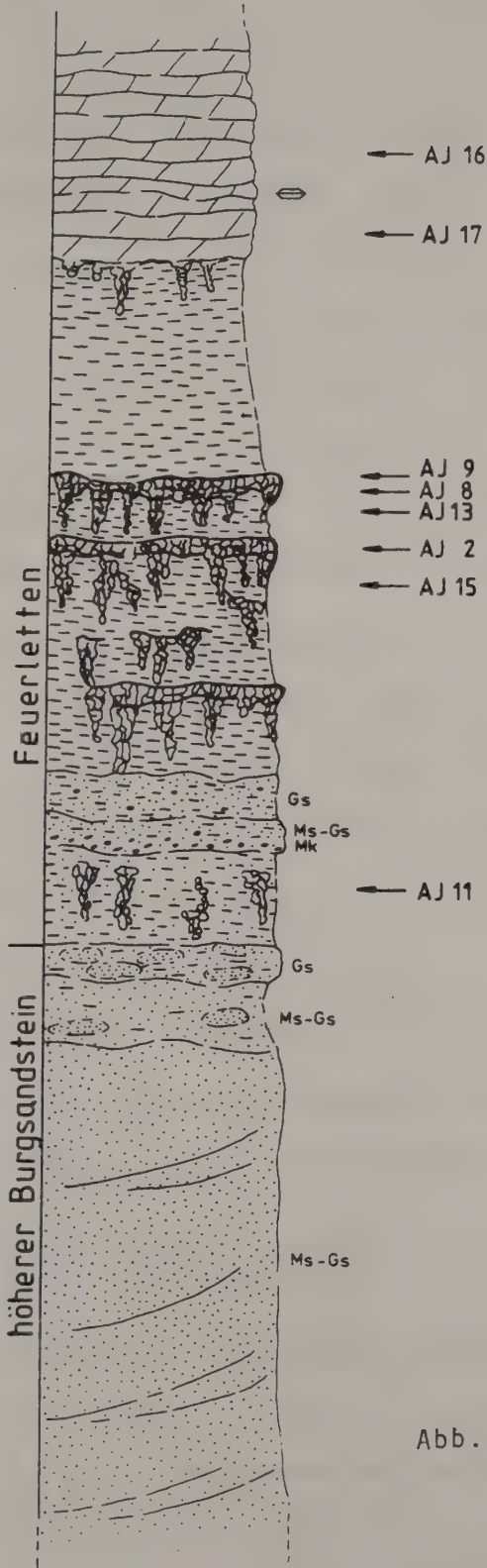


Abb. 14 Straßen-Profil an der B289 Burg-kunstadt - Mainroth (Legende siehe. Abb. 12)

7.2 Die Dolomite des Feuerlettens

Südwestlich Altenstein, an der Straße nach Junkersdorf, liegt ein instruktiver Aufschluß, dessen Profil den Übergang vom mittel- bis grobsandigen, gebleichten höheren Burgsandstein zum tonig-siltigen rot-braunen und dunkelgrünen Feuerletten erschließt (Profil 4 der Abb. 2; Abb. 15). Die Mächtigkeit des Feuerlettens beträgt im Gebiet um Altenstein maximal 50 m (KÜSTERING, 1979). In Abb. 15 ist die Grenze Burgsandstein/Feuerletten 3 m tiefer gelegt als bei KÜSTERING (1979, Abb. 7). Die Grenze wurde über die oberste Sandsteinbank gelegt; darüber folgt mit Dolomitsteinknollen in tonig-siltigem Sediment ein genetisch abweichendes Milieu. Typisch für die Beckenfazies des Feuerlettens sind hellgraue und beigefarbene Dolomitknollen und knollige Dolomitsäulen in einer mergeligen Ton-Silt-Matrix (Photo 17 im Anhang). Dolomitknollen, wenige cm im Durchmesser, nehmen an Größe und Volumenanteil zum Hangenden hin zu und verdichten sich zu Bänken, an denen die Ton-Silt-Matrix nur noch akzessorischen Anteil hat. Die Mächtigkeit der Knollenlagen schwankt stark und reicht bis hin zum allmählichen lateralen Übergang in die tonige Matrix unter deutlicher Abnahme des Dolomitanteils. Dolomitstein-Bänke, generell < 1 m mächtig, erreichen auf der oberen Sohle des Steinbruchs eine Mächtigkeit von mehreren Metern. Die extrem harten Bänke bilden um Altenstein herum eine markante Geländestufe. Die Bankoberseiten sind deutlich reliefiert; polygonartige Rißstrukturen werden als Schrumpfrisse gedeutet. Das Interngefüge der Knollen und Bänke ist brekziös. Bei mächtigeren Bänken ist auch eine Laminierung zu beobachten.

Der hohe Karbonatanteil im Profil Altenstein ist unter den bearbeiteten Feuerletten-Profilen eine Ausnahme. In der Tongrube der Firma ESTO-Klinker bei Ebersdorf b. Coburg (Profil 2 der Abb. 2; Abb. 16) treten die Karbonate gegenüber mergeligen rot-braunen und grünen Silten zurück. Der Feuerletten erreicht hier



-  schrägschichteter Sandstein
Mk = Mittelsand
Gs = Grosssand
Ms = Mittelsand
-  toniger Sandstein
-  sandiger Tonstein
-  rot-brauner u. grau-grüner Tonstein, mergelig
-  Aufarbeitungs-konglomerat
-  dolomitisch zementierte Sandlinsen
-  knollige Dolomitsäulen
-  knollige Dolomitbänke
-  bankiger u. plattiger Dolomit
- AJ 2 Probennummer
-  Baryt

Abb. 15

Profil im Steinbruch
a.d. Straße Altenstein-
Junkersdorf
(Profil 4 der Abb. 2)

eine Mächtigkeit von 50-55 m. Das hier erschlossene Feuerletten Profil wurde bereits von FEHRLE (1978) sehr gut aufgenommen und sedimentpetrographisch bearbeitet. Es wurden bei FEHRLE (1978, S. 66) bereits "meniskusartige Anlagerungen von Zement" beschrieben. Auch die "caliche"-Deutung für die Karbonatknollen wurde bereits angesprochen. Karbonatlagen von 0,05-0,10 m Mächtigkeit werden aufgebaut aus Einzelknollen von wenigen cm Durchmesser, häufig mit radialen Schrumpfrissen. Eine Entwicklung zur Bankung fehlt. Auffällig ist ein max. 70 cm mächtiges schräggeschichtetes Aufarbeitungs-Konglomerat mit überwiegend Dolomitsteindetritus (akzess. Tongerölle u. Quarz), Kluftflächen sind mit Baryt-XX belegt (Photo 18 im Anhang).

Nach ENGEL & LEWANDOWSKI (1981) erreicht der Feuerletten im Profil "Ochsenhügel" bei Sulzfeld/Haßberge (Profil 1 der Abb. 2) eine Mächtigkeit von 50 m. In überwiegend rot-braunen mergeligen Silten und Tonen treten über Hektameter horizontbeständig hellgraue und beige-farbene Dolomitknollen-Lagen und cm bis mehrere dm mächtige harte Dolomitbänke auf. Das Interngefüge ist brekziös. Häufig finden sich auch Brekzien der tonig-siltigen Matrix.

Die Dolomitsteine der 3 Feuerletten-Profile zeigen ein sehr einheitliches Mikrogefüge (Photo 19-21 im Anhang):

- Lagen von strukturlosem Dolomikrit
- Lagen von agglomerierten Mikritrunkörpern, z.T. mit interner Laminierung
- mikritisch umkrusteter Dolomit- und Silikatdetritus, letzterer mit Anlösungsgefüge
- radial und konzentrisch angelegte, verzweigte Schrumpfrisse, häufig mit Mikritsäumen ausgekleidet
- Rißfüllungen mit makrokristallinem Dolomit, Calcit und Baryt
- vadoser Dolomitzement mit Geopetalgefüge

Hinweise auf Komponenten biogener Herkunft, wie sie URLICHS (1966) und VIOHL (1969) aus dem Feuerletten Süd- und Mittelfrankens beschreiben, konnten in keinem der Profile nachgewiesen werden.

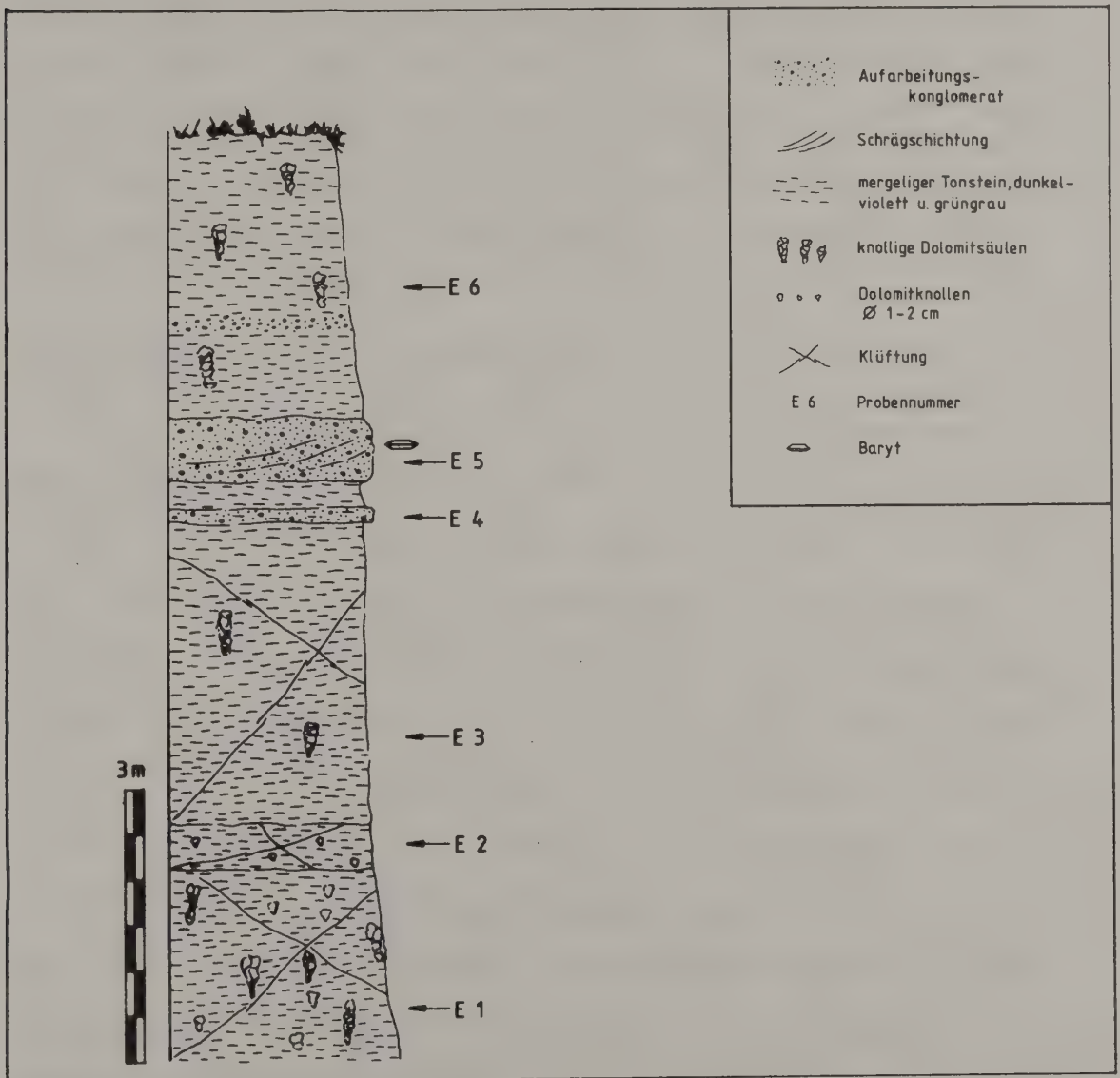


Abb. 16 Profil auf dem Betriebsgelände der Firma ESTO-Klinker Ebersdorf b. Coburg (Profil 2 der Abb. 2)

Dolomitknollen des oben beschriebenen Typs treten auch in den tonig-siltigen Sedimenten des höheren Burgsandsteins auf, so im Profil Neuses a. Raueneck (Abb. 10), im Hangenden des laminierten Dolomitsteins.

8. Geochemische Untersuchungen

Die Karbonate des nordostbayerischen Sandsteinkeupers sind in drei Arbeiten in umfangreicherem Maße geochemisch bearbeitet worden (WELTE, 1962 und RICHTER et al., 1980; RICHTER 1985). Vergleiche zwischen beiden Autoren können nur bedingt angestellt werden, da die Probenauswahl unter verschiedenen Gesichtspunkten erfolgte und das Analysenverfahren unterschiedlich war. Bislang fehlte ein Vergleich stratigraphisch äquivalenter Profile hinsichtlich ihrer Geochemie.

WELTE veröffentlichte Analysen von 123 Proben der Dolomitischen Arkose (Mittlerer Bursandstein) aus Bohrungen im Gebiet um Grub am Forst südlich Coburg im Hinblick auf eine genetische Interpretation der Uranmineralisation. Er differenzierte zwischen dem HCl-löslichen und dem unlöslichen Anteil im Karbonatgestein, um eine möglichst reine Analyse der Probe zu erhalten. Der silikatische Anteil in den Gesteinen, vor allem Glimmer und Feldspäte, ist in starkem Maße durch die Dolomitisierung angelöst. Es kann nicht exakt angegeben werden, in welchem Umfang silikatische Komponenten durch 2n-HCl (WELTE) angelöst werden und so die Ergebnisse beeinflussen. RICHTER et al. (1980) untersuchten an 102 Proben die Karbonate aus den stratigraphischen Einheiten Unterkeuper bis Feuerletten in NE-Bayern und beschränkten sich dabei auf Sr als Indikator für deren Bildungsmilieu (ergänzende Daten siehe RICHTER, 1985). In der vorliegenden Arbeit wurden die Analysen mittels Röntgenfluoreszenz durchgeführt. Mit Hilfe der Dünnschliffe wurde bei der mechanischen Aufbereitung der Proben darauf geachtet, daß das Material soweit wie möglich frei war von silikatischem Detritus. Wo dies nicht möglich war, z.B. bei dolomitischem Sandstein, wurde der Einfluß bei der Interpretation berücksichtigt. Die geochemischen Daten der vorliegenden Arbeit (insgesamt 54 Proben) sind in einer Tabelle (Tab. 1, vollständige Auflistung s. Anhang) zusammengefaßt und sollen im folgenden diskutiert werden.

Literaturdaten zu chemischen Analysen von Krustenkarbonaten liegen weltweit nur in geringem Umfang vor, Vergleiche sind nur schwer zu ziehen. Sie beschränken sich vorzugsweise auf wirtschaftlich wichtige Elemente (z.B. U, Li) oder pedogenetisch relevante Elemente (z.B. Al, Ti, Mg, Ca; vgl. GOUDIE, 1973, Tab. 5a/5b; REEVES, 1976, Chapter 2).

Höhere Ba-Gehalte treten generell in Proben mit hohem Anteil an silikatischem Detritus auf und sind gut mit deren Feldspat-Anteil korrelierbar (Abb. 17). Die z.T. relativ hohen Ba-Werte aus den Proben des Profils Neuses (NE) könnten auf Beeinflussung durch Barytzement zurückzuführen sein. Sr ist generell stärker in Silikat-freien Dolomiten angereichert. Mit relativ hohen Gehalten treten hier der laminierte Dolomit des mittleren Burgsandsteins und die Dolomitknollen des Profils Ebersdorf (E) (Feuerletten) hervor. Höhere Ti, Mn und Fe-Gehalte sind bevorzugt an die knolligen Dolomite gebunden, die sich damit deutlich von den laminierten Dolomiten und dolomitischen Sandsteinen des Mittleren Burgsandsteins abheben. Auf die Unterschiede im Ca/Mg-Verhältnis soll im Kapitel "Röntgenographische Untersuchungen" eingegangen werden. An den Dolomitkrusten des Profils Gruber Stein wurden auch SiO_2 -Bestimmungen durchgeführt, wobei durch geeignete Probenwahl nur das Si des authigen gebildeten Chalcedons nachgewiesen wurde. Es erschien nämlich zweifelhaft, ob feinverteiltes authigen gebildetes SiO_2 im Dünnschliff zu erfassen ist. Der mittlere Gehalt - dem Wert liegen 9 Proben zugrunde - liegt bei 0.9 Gew.% SiO_2 (s. Tab. 2).

Nach SUMMERFIELD (1983) gibt der Ti-Gehalt in Verkieselungen wichtige Hinweise auf deren Bildungsmilieu. SUMMERFIELD konnte anhand höherer TiO_2 -Gehalte (> 1 %) Verkieselungen aus Bodenprofilen der Kap-Provinz (Süd-Afrika) von Ti-ärmeren Krusten (<1%) des Kalahari Beckens (Playa-Karbonat) unterscheiden. 3 Chalcedonknollen (Lesesteinfunde) aus dem Gebiet wenige 100 m östlich des Gruber Stein ergaben TiO_2 -Gehalte zwischen 0.01 und 0.02 Gew. %. Nach SUMMERFIELD kann für die Kieselknollen der Dolomitischen Arkose demnach eine Bildung in einem Bodenprofil ausgeschlossen werden. Sr-Gehalte von 25-65 ppm (bezogen auf Gesamtprobenmenge) sind auf Dolomitrelikte im Chalcedon zurückzuführen (vgl. S. 31/32 u. Tab. 3).

Tab. 1: Ergebnisse der Röntgenfluoreszenz-Analysen

Profil	Strat.	Anzahl d. Proben	CaO (Gew. %)		MgO (Gew.%)		MnO (Gew.%)		Fe ges. (Gew.%)		TiO ₂ (Gew.%)		Sr (ppm)		Ba (ppm)		Proben- typ							
			min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.								
Gruber Stein (GS)	KmBm	6	20,9	23,3	29,9	14,7	17,6	20,4	0,04	0,05	0,08	0,11	0,40	0,74	0,02	0,04	0,08	830	984	1280	19	143	220	○
		10	30,1	30,3	30,7	20,8	21,3	21,6	0,03	0,07	0,12	0,08	0,14	0,28	0,01	0,02	0,04	574	989	1240	23	40	103	●
Neuses a. R. (NE)	KmBm	2	6,3	9,7	13,1	4,6	7,0	9,5	—	0,05	—	0,30	0,44	0,58	0,05	0,07	0,09	215	400	585	230	345	460	○
		3	28,1	29,3	30,4	20,4	20,6	20,8	0,07	0,13	0,24	0,31	0,33	0,34	0,01	0,04	0,06	395	1827	4000	90	517	1050	●
Burgkunstadt (Bgk)	KmBm	11	2,5	16,1	25,0	2,1	11,0	16,8	0,04	0,26	0,42	0,48	0,77	0,97	0,03	0,08	0,17	130	417	2660	95	283	530	○
		4	26,8	27,7	29,3	17,8	18,9	19,7	0,13	0,30	0,47	0,51	0,68	0,94	0,05	0,08	0,13	200	480	734	70	73	80	●
Altenstein (AJ)	KmF	4	19,1	23,2	26,2	13,3	15,6	17,3	0,06	0,09	0,10	0,64	0,79	0,91	0,08	0,14	0,20	155	328	680	21	195	500	○
		4	20,5	23,0	24,4	13,5	15,5	16,2	0,12	0,16	0,26	0,70	0,98	1,10	0,07	0,14	0,21	160	224	350	50	88	120	●
Ochsenhügel (OH)	KmF	5	230	25,1	26,6	14,5	16,4	17,8	0,15	0,18	0,21	0,60	0,63	0,65	0,07	0,11	0,15	200	266	350	65	81	95	●
Ebersdorf (E)	KmF	5	24,7	26,0	27,2	15,6	17,0	18,6	0,09	0,13	0,15	0,76	0,82	0,86	0,12	0,17	0,23	240	974	3000	75	221	710	●

○ dolomitischer Sandstein bzw. sandiger Dolomitstein

● Dolomitstein

Tab. 2: Ergebnisse der Röntgenfluoreszenz-Analysen.

SiO₂-Bestimmungen an Dolomitkrusten des Profils Gruber Stein (GS)

Probe Nr.	SiO ₂ (Gew. %)	Proben-Typ
GS 4	0.8	laminiertes Dolomikrit
GS 2A	0.7	Dolomikrit-Brekzien
GS 2B	0.5	Dolomikrit-Brekzien
GS 3	1.8	strukturel. Dolomikrit
GS 5	0.7	Dolomikrit-Brekzien
GS 9	1.1	lamin. u. brekz. Dolomikrit
GS 11	1.5	lamin. u. brekz. Dolomikrit
GS 12	1.3	laminiertes Dolomikrit
GS 20	0.4	strukturel. Dolomikrit

Tab. 3: Ergebnisse der Röntgenfluoreszenz-Analysen an Chalcedon-Knollen des Gruber Steins

Probe Nr.	Fe ges. (Gew. %)	TiO ₂	Sr (ppm)
114.1	0.13	0.01	25
114.2	0.06	0.01	65
114.3	0.30	0.02	40

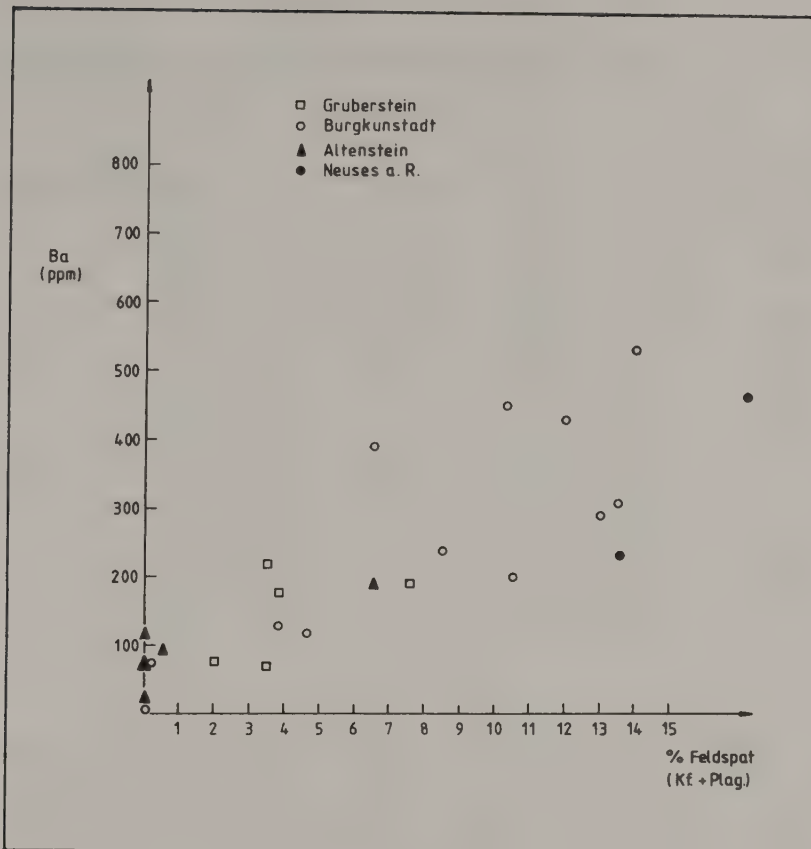


Abb. 17 Korrelations-Diagramm Ba-Gehalt / Kornzahl-% Feldspat. Kornzahl-% Fsp. ermittelt nach Point-Counter Verfahren (Strichokular) über gesamte Dünnschliff-Fläche; mindestens 1000 gezählte Punkte pro Schliff

Die chemischen Analysen spiegeln die Pauschalzusammensetzung der Dolomite und dolomitischen Sandsteine wider. Um Aussagen über die Zusammensetzung des Dolomit-Zements zu bekommen, wurden an 3 repräsentativen Proben aus den Profilen Altenstein (AJ), Gruber Stein (GS) und Burgkunstadt (Bgk) Mikrosonden-Analysen durchgeführt (s. Tab. 4).

Tab. 4: Ergebnisse der Mikrosonden-Analysen (Gew. %)

Probe	Messpunkt	MgO	CaO	MgO/CaO	FeO	MnO	SrO	V ₂ O ₃
AJ 2	1	22.36	31.71	0.71	0.29	0.23	0.05	0.01
	2	22.02	31.36	0.70	0.21	0.16	-	0.01
	3	21.75	31.46	0.69	0.28	0.08	-	-
	4	21.64	31.32	0.69	0.27	0.16	-	0.03
Bgk 14	1	21.23	30.34	0.70	0.95	0.90	0.01	0.05
	2	21.33	30.40	0.70	1.03	0.80	-	0.05
	3	22.36	30.15	0.74	1.11	0.17	-	0.01
	4	21.94	30.41	0.72	1.13	0.13	0.02	-
	5	21.58	29.91	0.72	1.57	0.09	-	-
	6	21.67	29.88	0.72	1.58	0.11	-	-
GS 114.8	1	22.77	31.05	0.73	0.15	0.24	0.02	-
	2	22.61	30.43	0.74	0.11	0.25	-	0.05
	3	22.73	30.75	0.74	0.15	0.16	-	-
	4	21.83	30.39	0.72	0.11	0.35	0.06	-

Aus meßtechnischen Gründen (Größe der Kristallite von nur wenigen μ ; Verunreinigung durch Einschlüsse) konnten Messungen nur an der makrokristallinen jüngsten Zementgeneration auf die Oxide MgO, CaO, FeO, MnO, SrO und V₂O₃ erfolgen. Die geringe Zahl von Proben und Meßpunkten pro Präparat (AJ und GS je 4, Bgk 6 Meßpunkte) erlaubt keine allgemeingültige Aussage und deren Interpretation darf nicht "überstrapaziert" werden. Das MgO/CaO-Verhältnis tendiert in den Proben des Mittleren Burgsandsteins (Mittelw. 0.72) gegenüber dem Feuerletten (Mittelw. 0.70) zu höheren Werten. Eine deutliche Differenzierung ist bei der FeO-Verteilung zu beobachten. Während die Proben der Profile Altenstein (AJ) und Gruber Stein (GS) eine relativ ausgeglichene Verteilung zeigen, dokumentieren die FeO-Werte in der Probe des Burgkunstadt-Profiles (Bgk) mit einer Zunahme von Fe von Porenwand (Meßpunkt 1) zu Porenmitte (Meßpunkt 6) einen Zonarbau. Die MnO-Gehalte schwanken in allen 3 Proben, am deutlichsten jedoch in der Probe Bgk 14. Hier deutet sich eine negative Korrelation zwischen Fe und Mn an.

WELTE (1962) ermittelte im HCl-löslichen Anteil seiner Proben, die in Lithologie und Fazies denen des Profils Gruber Stein entsprechen, max. 26 Gew.% CaO, 12 Gew.% MgO, 2800 ppm Sr und max. 0.17 Gew.% MnO. RICHTER et al. (1980) fanden in Proben des Mittleren Bursandsteins Sr-Gehalte von 300 bis > 800 ppm (RICHTER, 1985: 90-1050 ppm, $\bar{x}$ 552 ppm), für den Feuerletten Sr-Gehalte zwischen 100 und 600 ppm (RICHTER, 1985: 80-830 ppm, $\bar{x}$ 241 ppm).

Ein Vergleich mit Daten aus der Literatur (GOUDIE, 1973; REEVES, 1976) zeigt, daß rezente Krustenkarbonate weltweit überwiegend Ca-betont sind und MgO-Gehalte von 16-21 Gew.% eine Ausnahme darstellen. Dolcretes werden aus S-Afrika (Etosha-Pfanne), Kenya, Australien, Hawaii und der UDSSR beschrieben. Nach REEVES (1976) gibt es bislang keine Hinweise für dolcrete in N-Amerika, obwohl Analysendaten bezüglich Ca und Mg vorliegen und Vorkommen von Krustenkarbonaten in N-Amerika umfangreich publiziert wurden. Eine Erklärung des Phänomens steht aus.

9. Röntgenographische Untersuchungen

Der Dolomit wurde auf seine Stöchiometrie (Lage des Reflexes d 104) und seinen Ordnungsgrad (Verhältnis J (015)/J (110)) hin untersucht. Die Stöchiometrie gibt das Verhältnis CaCO_3 zu MgCO_3 an. Der Ordnungsgrad ist ein Maß für den Grad der Wechsel-lagerung von CaCO_3 - und MgCO_3 -Molekülen in Richtung der C-Achse im Dolomitgitter (FUCHTBAUER & GOLDSCHMIDT, 1965). Eine Zusammenfassung der Ergebnisse ist in Tab. 5 und Abb. 18 dargestellt.

Die Proben des Mittleren Burgsandsteins zeichnen sich durch nahezu stöchiometrische Zusammensetzung und Ordnungsgrade > 0.5 aus. Der Dolomit des Feuerlettens zeigt deutliche Schwankungen in beiden Kennwerten (vgl. Fig. 2 in RICHTER et al. 1980). Auffällig ist, daß sich die Proben des Profils Altenstein recht gut in den Wertebereich des Burgsandsteins einfügen, hingegen die Proben der Profile Ochsenhügel und Ebersdorf zu Ca-reichem Dolomit tendieren und Ordnungsgrade < 0.5 aufweisen. Mit Ausnahme des Profils Ebersdorf tritt Calcit nur akzessorisch auf. Das Verhältnis Ca:Mg ist ein Indikator für das Bildungsmilieu des Dolomits. Nach GOLDSMITH & GRAF (1958) nimmt der Ca-Anteil im Kristallgitter mit zunehmend salinarem Charakter einer Lösung ab. Für das Bildungsmilieu der Dolomitischen Arkose kann demnach gegenüber dem Feuerletten ein höherer Sanilitätsgrad angenommen werden. Zu den gleichen Ergebnissen hinsichtlich der Stöchiometrie der Dolomite des Burgsandsteins und des Feuerlettens kamen auch RICHTER et al. (1980). Auf eine quantitative Untersuchung des Tonmineralbestandes in den Profilen wurde verzichtet, da einschlägige Bearbeitungen aus dem fränkischen Keuper (z.B. KRUMM, 1961; FEHRLE, 1978; KREGGE, 1980; SEZER, 1980; LEWANDOWSKI, 1983) vorliegen. Illit, Montmorillonit, Chlorit und Kaolinit (in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit) konnten bestimmt werden. Im Profil Altenstein tritt akzessorisch Palygorskit auf. In der Literatur (GOUDIE, 1973; NETTERBERG, 1971)

wird Palygorskit als diagenetische Bildung in dolcrete-Profilen sowohl pedogener als auch lakustriner Genese als typisch erwähnt.

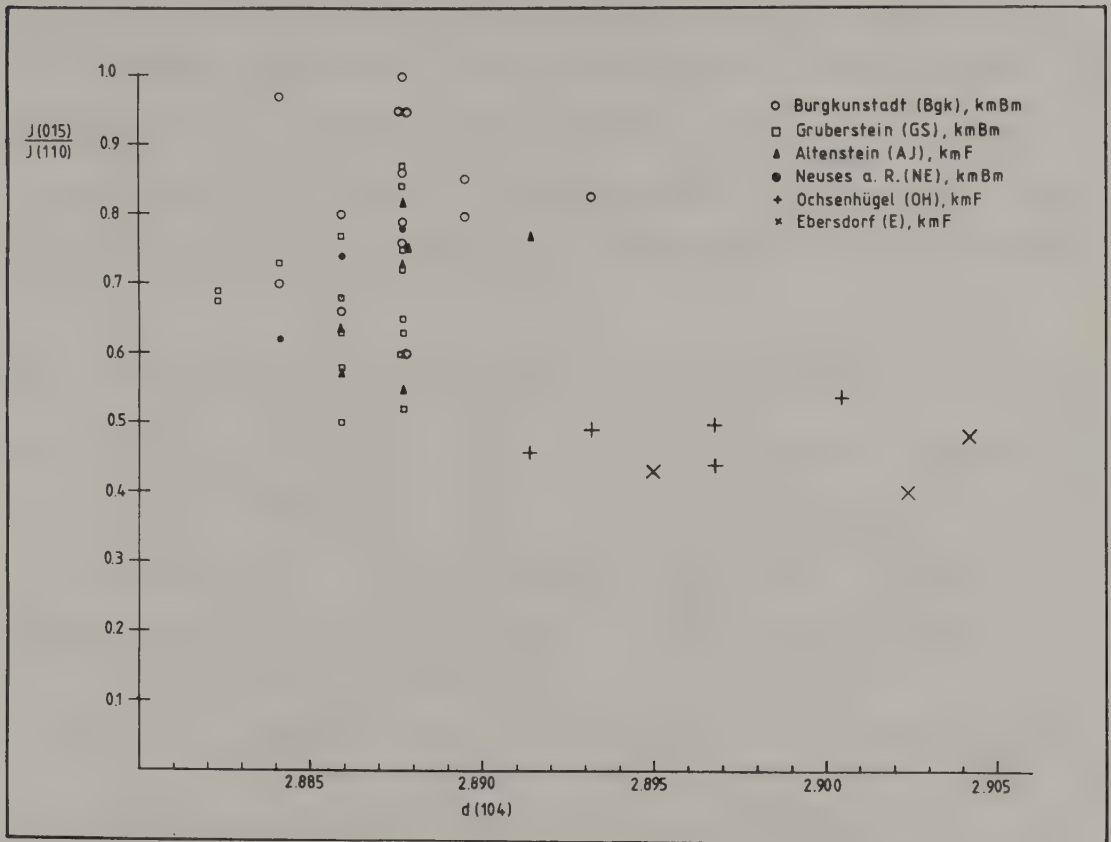


Abb. 18 Ergebnisse der röntgenographischen Dolomitbestimmung. Dargestellt ist die Korrelation zwischen Stöchiometrie und Ordnungsgrad

Tab. 5 Ergebnisse der röntgenographischen Dolomitbestimmung

Profil	Strat.	Proben	d(104)	J(015)/J(110)	Ca-Mg-Anteil
Burgkunstadt	kmBm	14	2.887	0,82	Ca ₅₁ Mg ₄₉
Gruberstein	kmBm	16	2.886	0,65	Ca ₅₀ Mg ₅₀
Neuses a. R.	KmBm	3	2.885	0,71	Ca ₅₀ Mg ₅₀
Altenstein	kmF	8	2.887	0,69	Ca ₅₁ Mg ₄₉
Ebersdorf	kmF	3	2.901	0,44	Ca ₅₅ Mg ₄₅
Ochsenhügel	kmF	5	2.895	0,49	Ca ₅₃ Mg ₄₇

10. Diskussion und Ergebnisse

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß sich der Dolomitstein der Dolomitischen Arkose (Mittlerer Burgsandstein) anhand seiner Lithologie, Geochemie und röntgenographischem Verhalten deutlich von den Dolomitlagen des Feuerlettens unterscheidet. Es konnten auch Faziesdifferenzierungen innerhalb der Dolomitischen Arkose herausgestellt werden. RICHTER (1985) konnte die unterschiedliche Genese der Burgsandstein- und Feuerletten-Dolomite auch anhand der voneinander abweichenden Isotopenzusammensetzung ($\delta^{13}\text{C}$ und $\delta^{18}\text{C}$) belegen.

Die Ergebnisse sollen im folgenden interpretiert und in ein paläogeographisches Modell eingeordnet werden.

Die knolligen Dolomitsteinlagen des Feuerlettens zeigen aufgrund ihrer Geometrie, ihrer Profilentwicklung und ihrer Petrographie deutliche Parallelen zu fossilen und rezenten pedogenen calcrete-Profilen. Nach Meinung zahlreicher Autoren (z.B. WRIGHT, 1982; STEELE, 1974; REEVES, 1970) sind pedogene calcrete-Profile durch folgende Merkmale charakterisiert:

- Im Profil nehmen einzelne Karbonatknollen an Größe und Quantität zum Hangenden hin zu, der Wirtsgesteinsanteil nimmt ab
- Die Knollen verdichten sich zu säuligen Gebilden.
- Am Top des Profils bilden sich laminierte und brekziierte Lagen mit pisoidischen Umkrustungen, Trockenrissen und Tepee-Strukturen.
- Bioturbationsgefüge
- PISOIDE, d.h. mehrfach Mikrit-umkrustete Rundkörper, sind häufig invers gradiert und weisen Krustenverdickungen zum Liegenden hin auf. Konzentrische und radiale Schrumpfrisse sind typisch.
- Feinlamierung
- Das Karbonat ist in situ brekziiert
- Vadoser Silt füllt Porenräume

Eine ausführliche Zusammenfassung über das Bildungsmilieu pedogener calcrete geben GOUDIE (1973) und REEVES (1976). Semiari- des bis arides Klima mit 100-500 mm Jahresniederschlag und ei- ner mittleren Temperatur von 16-20 °C schaffen günstige Voraus- setzungen zur Akkumulierung von Karbonat in einem Bodenprofil. Nach Meinung der Autoren sind rhythmische Klimaschwankungen wichtig, die Einfluß haben auf Temperatur und Feuchtigkeit im unverfestigten Sediment und somit das pH-Milieu (pH 6.5-10.5) und die damit verbundene Akkumulierung oder Lösung von Karbonat steuern. GOUDIE und REEVES diskutieren im wesentlichen 3 Model- le zur Bildung pedogener calcrete:

1. Fluviatiles Modell, d.h. Entwicklung von calcrete in den Se- dimenten im Einflußbereich von Rinnensystemen.
2. In situ Modell, d.h. calcrete bildet sich unmittelbar auf einem Ca-Mg-reichen Wirtsgestein.
3. Das Kapillar-Modell beinhaltet einen deszendenten und einen aszendenten Transportmechanismus von Ca-Mg-reichen Lösungen im Boden. Zum einen können von Grundwasserhorizonten in Zei- ten stärkere Verdunstung Kapillarströme zur Bodenoberfläche wandern und ihre Karbonatfracht im vadosen Bereich des Bo- dens abscheiden. Zum anderen können von der Oberfläche her, z.B. bei gelegentlich einsetzenden Regenfällen, Lösungen in den Boden eindringen, die dann ebenfalls die gelösten Ionen bei erhöhter Verdunstung abscheiden. Das Karbonatgefüge wird dabei im wesentlichen durch Dauer und Intensität der Anlieferung, die Temperatur und die Porosität beeinflußt.

Die Frage nach dem Bildungsmilieu ist eng verknüpft mit der Fra- ge nach der Herkunft des Karbonats. Für viele rezente calcrete- Profile kann eine primäre Anlieferung über Ca-Mg-reiche Staub- einwehungen (Löss) angenommen werden. Die authigene Anreiche- rung im Boden erfolgt über die Mechanismen 1. bis 3.. Als weite- re mögliche Quelle werden karbonatreiche Grundwasserströme dis- kutiert. Isotopen-Untersuchungen an den Elementen C und O erlau- ben neben einer Datierung (^{14}C) von calcrete-Profilen durch ei- ne Bestimmung des Verhältnisses $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ auch eine Aussage über die Dauer klimatischer Zustände während der Profilentwicklung.

LEEDER (1975) unternahm den Versuch, die bestimmenden Faktoren zur Bildung von calcrete in einem Modell zu untersuchen. Seine Auswertung zur Altersdatierung basiert auf Literaturangaben von ^{14}C -Daten quartärer calcrete-Profile in den USA und Australien. In der Nomenklatur schließt sich der Autor der Arbeit von GILE et al. (1966) an, die rezente calcrete-Profile anhand typischer Karbonatgefüge (K-fabric) in 4 Entwicklungsstadien einteilen (Tab. 6)

Tab. 6 Entwicklungsstadien von calcrete-Profilen und deren charakteristische Gefüge (nach GILE et al., 1966, S. 348, Tab. 1)

Diagnostic Carbonate Morphology

Stage	<u>Gravelly Soils</u>	<u>Nongravelly Soils</u>
I	Thin discontinuous pebble coatings	Few filaments or faint coatings
II	Continuous pebble coatings, some interpebble fillings	Few to common nodules
III	Many interpebble fillings	Many nodules and inter-nodular fillings
IV	Laminar horizon overlying plugged horizon (thickened laminar and plugged horizons)	(increasing carbonate impregnation) Laminar horizon overlying plugged horizon

LEEDER gibt für die Entwicklung von calcrete mit Merkmalen der Stadien I-IV folgende Minimal- bzw. Maximalalter an:

Stadium I	:	min.	1000,	max.	4500	Jahre
Stadium II	:	min.	3500,	max.	7000	Jahre
Stadium III	:	min.	6000,	max.	10000	Jahre
Stadium IV	:	min.	10000			Jahre

Der Autor weist ausdrücklich darauf hin, daß diese Angaben auf zu wenig vergleichbaren Daten basieren, um eine allgemeingültige Aussage zum Bildungsalter von calcrete in sandig siltigen Wirtsedimenten zu treffen. So liegt eine wesentliche Unsicherheit in der nicht immer exakt durchgeführten Einstufung eines Profils in die Stadien I-IV, aber auch in der Beeinflussung der ^{14}C Daten durch postdiagenetische Prozesse. MAGARITZ et al. (1981) untersuchten quartäre pedogene Kalkknollen entlang der israelischen Küste hinsichtlich der Isotopenverhältnisse $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ und ihres ^{14}C -Wertes. Während die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte in den Proben sehr stark differierten und somit zu klimatischen Aussagen wenig beitragen können, erwiesen sich die $\delta^{18}\text{O}$ -Werte als gute Klimaindikatoren. Diese Ergebnisse konnte GARDNER (1984) an pedogenen Kalkknollen-Profilen im Südwesten der USA bestätigen.

Unter Berücksichtigung der Paläogeographie des süddeutschen Feuerlettenbeckens muß eine Karbonatausfällung in flachen eng-räumigen Depressionen einer schwach reliefierten Verebnungsfläche angenommen werden. Dafür spricht die linsenförmige Geometrie der Karbonatkörper (z.B. Dipl.-Kartierung KÜSTERING, 1979 KREGGE, 1979). Die Knollenlagen in Verbreitungsgebieten der sandigen Randfazies (s. Abb. 7) sind faziell verknüpft mit mäandrierenden Rinnensystemen und können als pedogene Karbonatausfällungen in einer feinklastischen Überflutungsfazies interpretiert werden. Das megaskopische und mikroskopische Gefüge der Karbonate (Brekzien, PISOIDE, vadoser Zement (RICHTER et al. 1980; RICHTER 1985), Trockenrisse, Fossilfunde von Landsauriern) belegt eindeutig ein periodisches (episodisches ?) Trockenfallen der Sedimente. Die Zufuhr von Wasser erfolgt zum einen über Rinnensysteme aus dem Hinterland, zum anderen über großflächig niedergehende heftige Regenfälle. Letztere bieten auch einen Mechanismus zur lokalen Anreicherung von Intraklasten (Feuerletten-Konglomerate). Semiaride bis aride Klimabedingungen zur Zeit des höheren Mittleren Keupers konnte KRUMM

(1965) durch Tonmineral-Untersuchungen belegen. Dem Problem der Dolomitisierung der Feuerletten-Sedimente ist bislang in der Literatur wenig Beachtung geschenkt worden. Die mikroskopischen und röntgenographischen Ergebnisse (Dolomikrit, geringer Ordnungsgrad des Dolomits) weisen auf eine frühdiagenetische Dolomitisierung hin. RICHTER (1985) führt zusätzlich die "gute Strukturhaltung" im Dolomitstein an.

VIOHL (1969) gibt an, daß der Karbonatanteil im Sediment, vor allem der des Dolomits, mit Entfernung vom Beckenrand deutlich zunimmt. Das chemische Milieu der periodisch (episodisch ?) Wasser-bedeckten flachen Becken und Pfützen war demnach durch ein nach N zunehmendes Mg/Ca-Verhältnis gekennzeichnet. Dieser Vorstellung läßt sich zwanglos die von VIOHL (1969) und URLICHS (1966) nachgewiesene brackische Fauna im südfränkischen Raum zuordnen, der sich im Milieu schwankender Salinitätsgrade (zeitweise Zufuhr meteorischer Wässer) durchaus ein Lebensraum bot. Ein Lebensraum, der vor allem den Vorgang der frühdiagenetischen Dolomitisierung begünstigt.

Der Schlüssel zum Verständnis der Fazies der Dolomitischen Arkose und dem Vorgang der frühdiagenetischen Dolomitisierung ist in der paläogeographischen Situation zur Zeit des höheren Sandsteinkeupers zu suchen. Die Karte in Abb. 6 zeigt eine Zunahme des Karbonatanteils mit Entfernung vom Beckenrand mit einem maximalen Anteil in Gebieten, wo grobklastische Sedimente der Randfazies in eine tonig-siltige Beckenfazies mit Evaporiten übergehen (Abb. 19). Die Profilaufnahmen und mikroskopische und geochemische Untersuchungen zeigten, daß innerhalb der Dolomitischen Arkose zwischen einer laminierten (Profil Gruber Stein und Neuses a.R.) und einer knolligen Dolomitstein-Fazies (Profil Burgkunstadt) unterschieden werden muß.

Der Dolomitstein der Profile bei Burgkunstadt ist gebunden an tonige, grobklastische Sedimente mäandrierender Rinnen und

zeigt deutliche Analogien zu rezenten und fossilen pedogenen calcrete-Profilen. Die Geometrie und die Orientierung der Dolomitknollen und -linsen zum Schichtungsgefüge lassen auf eine Zufuhr Ca-Mg-reicher Lösungen entlang sedimentärer Vorzeichnungen schließen. Über einen aszendente gerichteten Kapillarstrom gelangten die Lösungen in den vadosen Bereich des Lockersediments und es kam zur Zementation der Klasten durch einen Mikritzement. Silikatifreie Dolomitlinsen geben Hinweis auf flache Eindunstungspfannen von nur wenigen 10er Metern Ausdehnung, die sich zwischen den Rinnenmäandern bildeten. Ein Vergleich der Dolomitknollen dieser Fazies mit denen des Feuerlettings zeigt deutlich den Einfluß des Wirtsediments auf Form und Gefüge der Knollen. Eine Tonmatrix führt offensichtlich zur Ausbildung relativ scharf begrenzter Karbonatkörper, die sich deutlich vom Wirtsediment abheben. In einer sandigen Matrix entwickeln sich die Karbonatknollen eher kontinuierlich aus dem Sediment heraus und bilden weniger markante Formen. Dies wird auf die unterschiedliche Porosität toniger und sandiger Lockersedimente zurückgeführt.

Der Fazies des laminierten Dolomitsteins fehlen typische Gefüge einer pedogenen dolcrete. Das Gefüge, sein Chemismus (rel. hoher Sr-Gehalt), das gegenüber den Feuerletting-Dolomiten höhere Mg/Ca-Verhältnis und die paläogeographische Position der Dolomitgürtel sprechen eher für eine dolcrete-Bildung in einem Playa-Milieu. Die Entstehung der wechselhaften Lithologie dieser Fazies wird am Beispiel des Profils Gruber Stein wie folgt rekonstruiert: Ca-Mg-reiche Lösungen drangen in einen bereits konsolidierten, aber diagenetisch noch nicht verfestigten klüftigen Sandstein ein. Dafür spricht die allseitige laminierte Umarmung von Sandsteinschollen und laminierte Beläge auf Kluftflächen. Ein Wechsel von Lösungszufuhr und Verdunstung führte zu Tepee-Strukturen, Schrumpfbrekzien, deren mehrfacher Umkrustung und vadosen Zement. RICHTER (1985) führt die frühdiagenetische Dolomitisierung auf das "evaporativ pumping"-Modell

(HSÜ & SIEGENTHALER, 1969) zurück. In das Modell einer Karbonat-Playa in ariden bis semiariden Klimazonen läßt sich zwanglos der reversible Vorgang von Verkieselung und Dolomitisierung einfügen. Das Stabilitätsverhalten von Ca-Mg-Karbonaten und SiO₂-Modifikationen in Bezug auf das pH-Milieu ist gegensätzlich. Quarz - und in stärkerem Maße seine kryptokristallinen Varietäten - werden im pH-Bereich oberhalb 9 instabil und gehen in Lösung. Bei sinkendem pH tritt Ausfällung ein. Eine Temperaturerhöhung begleitet von einem pH-Anstieg beschleunigt die Anlösung und begünstigt die Fällung von Karbonat. Die silikatischen Klasten der Dolomitischen Arkose zeigen Gefüge von Anlösung und Verdrängung in fortgeschrittenem Stadium und kommen daher als Lieferant für SiO₂ in Frage. Lösungsgefüge im Dolomitstein im Aufschluß "Feuerfelsen" und Reliktstrukturen von Dolomit in den Verkieselungen belegen einen Wechsel im pH-Wert des lakustrinen Milieus. PETERSON und v.d. BORCH (1965) untersuchten rezente Karbonate (Dolomit, Mg-Calcit, Aragonit und Magnesit) und Chertlagen in Playa-Seen Süd-Australiens (Coorong). Sie interpretieren die alternierende Sedimentation von Chert und Karbonat als Ergebnis von jahreszeitlich bedingten pH-Schwankungen. Das von den Autoren skizzierte Sedimentationsmilieu zeigt deutliche Parallelen zur Fazies der Dolomitischen Arkose. Die pedogene dolcrete-Fazies wird aufgrund ihrer Verzahnung mit den laminierten Dolomiten als Randfazies eines Playabeckens interpretiert. Lakustrine Karbonate und Verkieselungen mit randwärtigem Übergang zu einer pedogenen calcrete werden von WHEELER & TEXTORIS (1978) aus dem Durham Sub-basin des Deep River Basin in N-Carolina, USA (höhere Trias) beschrieben. Die makroskopischen und mikroskopischen Gefüge sind ähnlich denen der Dolomitischen Arkose. In Abb. 20 wurde der Versuch unternommen, die Fazieszusammenhänge für das Niveau des höheren Burgsandsteins in einem Blockbild darzustellen und zu erläutern.

NW

SE

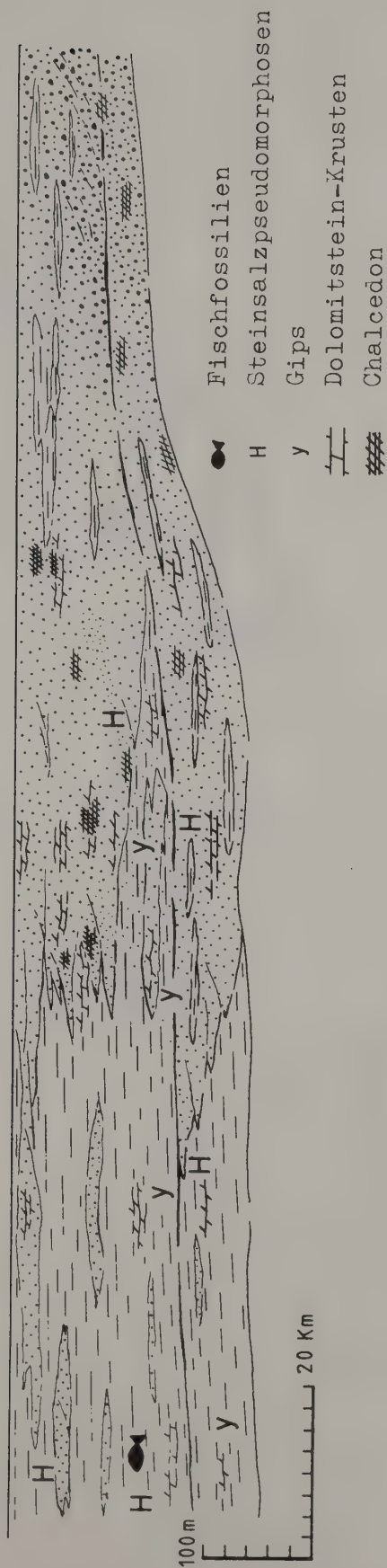


Abb. 19 Vereinfachter Profilschnitt durch den Sandsteinkeuper Nord-Bayerns

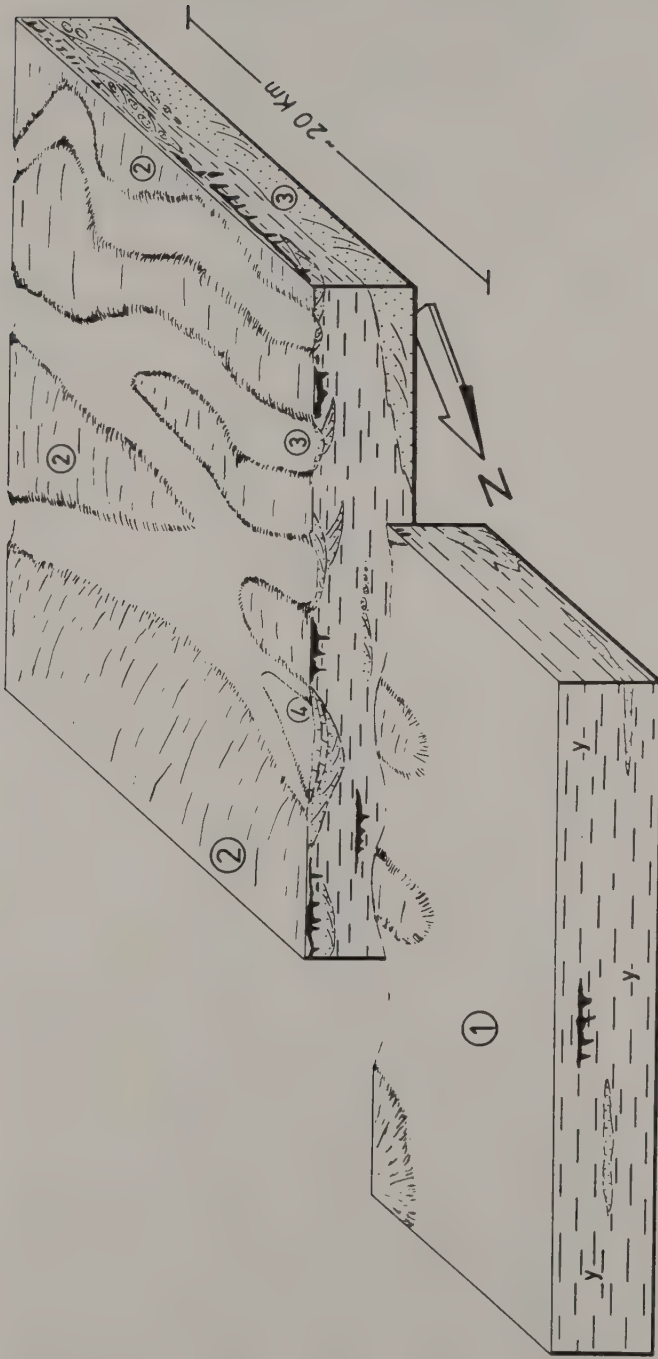


Abb. 20 Vereinfachtes Modell zur Rekonstruktion des Bildungsmilieus von laminierten und knolligen Dolomitstein-Krusten im höheren Keuper

1. überwiegend tonige Beckenfazies mit Evaporiten (Gips (Y), Stein-salz pseudomorphosen). In den Sedimenten überwiegen grau-grüne Farbtöne
2. tonig-siltige Sedimente einer Überflutungsfazies mit Dolomitstein-Knollen pedogener Genese (Typ Feuerletten und höherer Buntsandstein); es überwiegen rot-violette Farbtöne
3. grobklastische Sedimente einer Rinnenfazies mit sandigen Dolomitstein-Knollen pedogener Genese
4. grobklastische Sedimente einer Rinnenfazies mit Umkrustungen von laminiertem Dolomitstein, Dolomitstein-Brekzien und Chalkedon

Anhang 1: Ergebnisse der chemischen Analysen (vollständige Auflistung)

Proben-Nr.	CaO (Gew.%)	MgO	MnO	Fe _{ges.}	TiO ₂	Sr (ppm)	Ba (ppm)
GS 2 A	20.14	14.70	0.04	0.74	0.08	1030	220
GS 2 B	30.40	21.60	0.10	0.08	0.01	1159	37
GS 3	30.15	21.26	0.06	0.28	0.04	574	39
GS 4	30.65	21.22	0.07	0.12	0.01	916	39
GS 5	30.50	21.52	0.08	0.11	0.02	1240	103
GS 9	30.20	21.52	0.06	0.16	0.02	1028	37
GS 10	26.60	18.80	0.08	0.22	0.02	1030	80
GS 11	30.05	21.52	0.03	0.27	0.03	1102	48
GS 12	30.45	21.36	0.12	0.16	0.02	610	35
GS 13	29.90	20.39	0.06	0.15	0.02	964	19
GS 16	27.90	19.65	0.06	0.21	0.03	1280	70
GS 20	30.55	21.79	0.07	0.09	0.01	1135	46
GS 22	30.53	21.56	0.10	0.09	0.01	977	23
GS 23	25.05	17.30	0.05	0.17	0.02	880	120
GS 24	20.92	14.70	0.04	0.11	0.03	830	180
GS 104.4	30.34	20.83	0.05	0.14	0.03	1017	29
NE 2	28.10	20.41	0.08	0.31	0.06	4000	90
NE 4	6.30	4.63	0.05	0.30	0.05	215	460
NE 6	29.53	20.82	0.07	0.34	0.04	1085	410
NE 7	30.35	20.45	0.24	0.33	0.01	395	1050
NE 9	13.10	9.45	0.05	0.58	0.09	585	230
Bgk 1	24.30	16.30	0.40	0.97	0.12	260	130
Bgk 1.2	26.95	17.80	0.47	0.94	0.06	200	80
Bgk 3	11.10	7.32	0.20	0.75	0.03	155	430
Bgk 4	16.50	10.90	0.29	0.96	0.07	160	290
Bgk 9	20.60	14.35	0.30	0.73	0.05	175	240
Bgk 11	25.00	16.80	0.42	0.92	0.06	190	120
Bgk 13	14.42	10.10	0.27	0.48	0.03	130	310
Bgk 14	28.00	19.32	0.33	0.51	0.05	480	70
Bgk 14.1	29.25	19.65	0.13	0.53	0.05	505	70
Bgk 18	13.00	9.25	0.21	0.81	0.15	165	390
Bgk 18.1	12.85	8.90	0.21	0.93	0.17	165	450
Bgk 20	2.50	2.05	0.04	0.48	0.12	150	530
Bgk 21	26.75	18.70	0.25	0.74	0.13	734	-
Bgk 25	14.45	9.36	0.26	0.72	0.08	380	95
Bgk 26	22.54	15.54	0.27	0.70	0.06	2660	125

Proben-Nr.	CaO (Gew.%)	MgO	MnO	Fe _{ges.}	TiO ₂	Sr (ppm)	Ba (ppm)
AJ 2	26.20	17.30	0.08	0.76	0.20	295	70
AJ 8	23.55	16.00	0.12	0.70	0.07	180	50
AJ 9	20.51	13.45	0.12	1.02	0.10	205	90
AJ 11	19.05	13.32	0.06	0.64	0.15	680	190
AJ 13	23.45	16.05	0.14	1.08	0.21	160	120
AJ 15	24.35	16.20	0.26	1.10	0.16	350	90
AJ 16	24.15	15.95	0.10	0.91	0.13	181	21
AJ 17	23.30	15.70	0.10	0.86	0.08	155	500
E 1	27.20	16.90	0.09	0.83	0.19	610	100
E 2	24.70	15.60	0.13	0.82	0.16	3000	125
E 3	26.00	17.15	0.15	0.76	0.23	290	75
E 4	27.05	18.55	0.13	0.82	0.16	730	710
E 6	25.05	16.80	0.14	0.86	0.12	240	95
OH 1	26.17	16.25	0.15	0.61	0.11	350	95
OH 2	24.80	14.54	0.17	0.62	0.10	220	95
OH 3	25.00	16.00	0.18	0.60	0.07	260	81
OH 4	26.55	17.45	0.21	0.65	0.12	200	70
OH 5	23.00	17.81	0.18	0.64	0.15	300	65

Anhang 2: Aufschluß- und Schliffphotos



Photo 1: Profil im Mittleren Bургsandstein am Naturdenkmal Gruber Stein. Hellgraue und weiße Dolomitsteinlagen durchziehen einen intensiv geklüfteten Sandstein. Mächtigkeit des abgebildeten Profils ca. 4.50 m



Photo 2: Profil Gruber Stein. Dolomitlagen dringen auf Fugen in den Sandstein ein und umschließen einzelne Sandsteinschollen. Maßstab 0,40 m



Photo 3: Profil Gruber Stein. Das Photo zeigt eine mit Dolomit-laminae belegte Kluftfläche im Sandstein. Unterhalb des Maßstabs treten im Sandstein vermehrt helle Dolomitgerölle auf. Maßstab 0.40 m

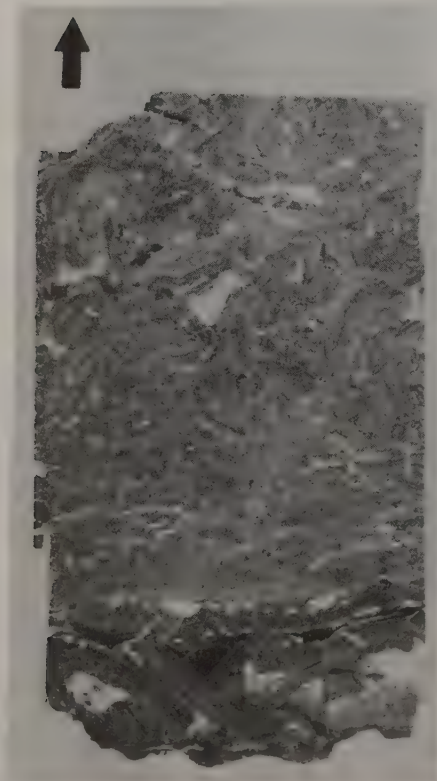


Photo 4: Dünnschliff eines Handstücks. Der Pfeil weist in Richtung Hangendes. Das Photo zeigt 2 Typen von laminierten Dolomitstein-Brekzien. Im unteren Schliffbereich läßt die Form der Komponenten auf Brekzierung durch Schrumpfung und geringe Umlagerung schließen. Die Brekzien des oberen Schliffbereichs sind intensiver durchbewegt. Der Zusammenhang zwischen den Komponenten ist hier weniger deutlich. Sie zeigen eine wenige mm-mächtige Mikrit-Umrüstung.

Profil Gruber Stein; Schliffgröße 11 x 7 cm; Nicols II

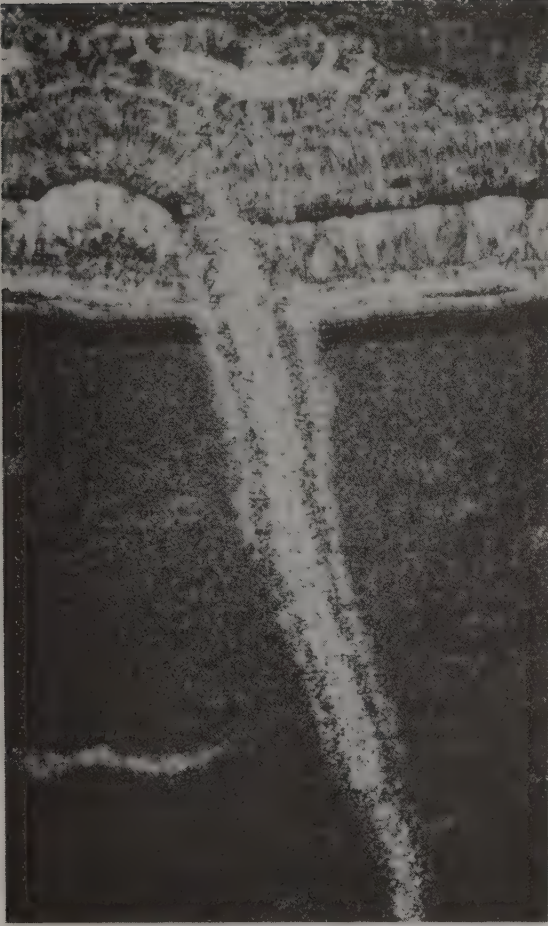


Photo 5: Ein symmetrisch-zementierter Trockenriß durchdringt Dolomitlaminae und strukturlosen Dolomikrit. Die Kristallite der Laminae zeigen eine fächerartige Orientierung und sind von Pigmentsäumen durchzogen. Profil Gruber Stein; Bildausschnitt 3.3 x 2.1 mm; Nicols II

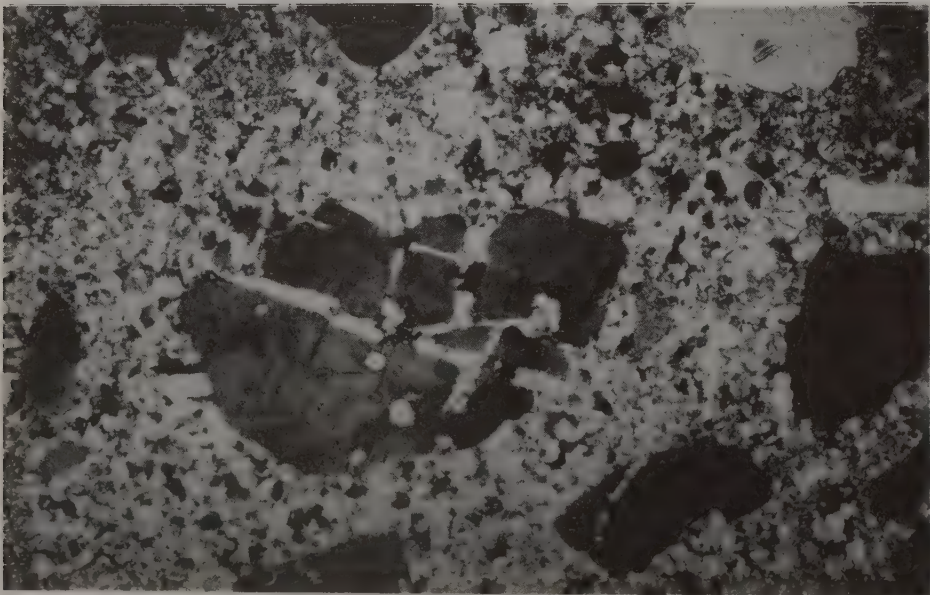


Photo 6: Gesteinsbruchstücke, Quarz- und Feldspatklasten ohne gegenseitigen Kornkontakt in Dolomitzement. Über Korngrenzen und Spaltflächen (siehe Bildmitte) dringt Dolomit in die silikatischen Klasten ein und löst sie an.

Neueres Genesemodell siehe RICHTER (1985)

Profil Gruber Stein; Bildausschnitt 3.3 x 2.1 mm, Nicols +

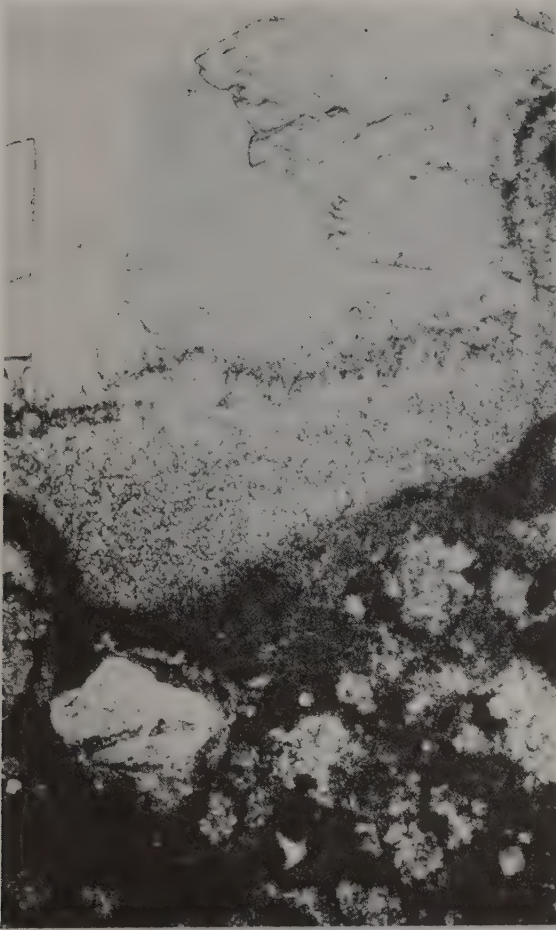


Photo 7: Geopetal orientierter Dolomitzement am Boden eines Hohlraums (mittlerer Bildbereich). Die jüngste Zementgeneration ist ein makrokristalliner Dolomitzement B (oberer Bildbereich). Im unteren Bildbereich silikatischer Detritus in Dolomikrit-Grundmasse. Profil Gruber Stein; Bildausschnitt 3.3 x 2.1 mm; Nicols II

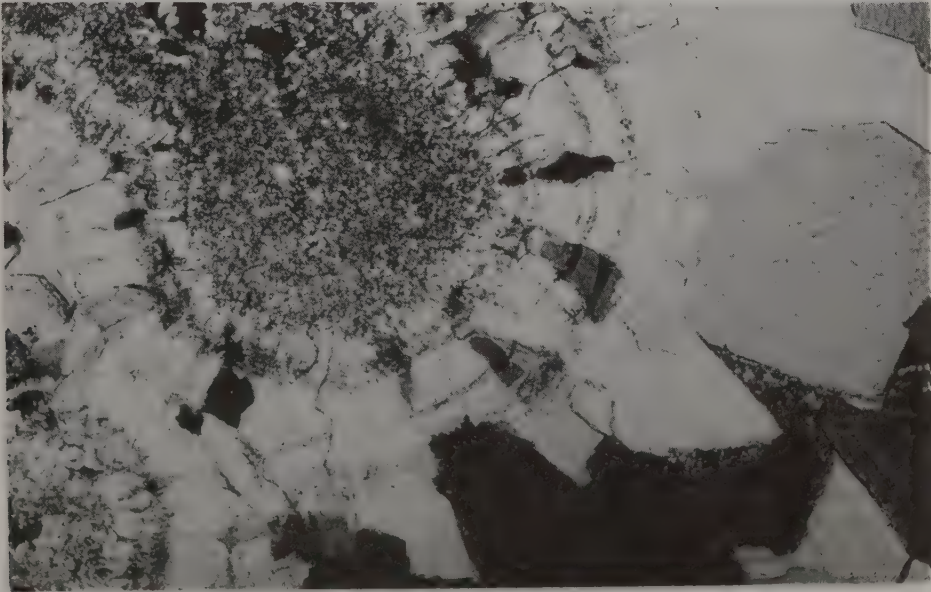


Photo 8: Ein verrundeter Dolomikrit-Klast ist von Palisaden-artigem Dolomitzement umsäumt. Die Orientierung der Kristallite und die Pigmentsäume deuten an, daß ein primär faseriger Zement verdrängt wurde. Im rechten und unteren Bildbereich Dolomitzement B.

Profil Gruber Stein; Bildausschnitt 1,30 x 0,85 mm, Nicols +

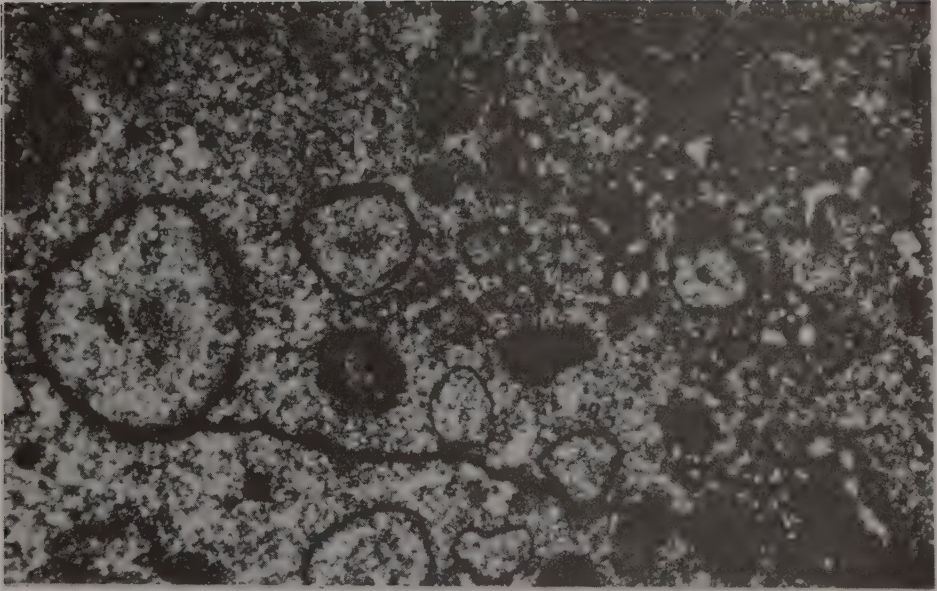


Photo 9: Verkieselte, primär dolomikritische Rundkörper (vgl. Kap. 7.1.1)
Profil Gruber Stein; Bildausschnitt 3.3 x 2.1 mm; Nicols +



Photo 10: Hohlraumfüllung mit faserigem Chalcedon-Quarz - Zement (L -). Die Grundmasse besteht aus krypto- bis mikrokristallinem Quarz-Zement.
Profil Gruber Stein; Bildausschnitt 1,30 x 0,85 mm; Nicols +

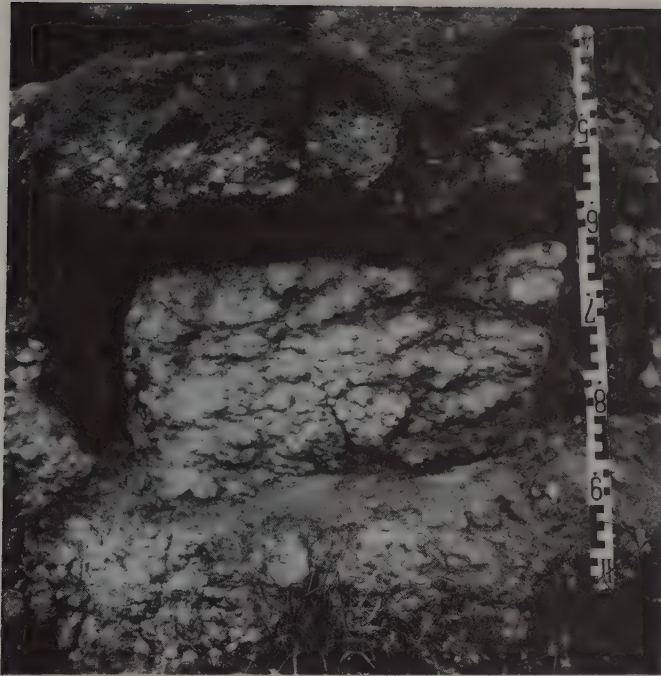


Photo 11: Profil im Mittleren Burgsandstein an der B 289 zwischen Burgkunstadt und Mainroth. Hellgraue, sandige Dolomitknollen in einer sandig-tonigen Matrix. Der Top des Knollenhorizonts zeigt ein deutliches Relief. Im Hangenden ein ca. 10 cm mächtiges Aufarbeitungskonglomerat an der Basis eines bankigen Grobsandsteins. Maßstab 0.60 m



Photo 12: Profil Burgkunstadt-Mainroth. Bankiger, schrägschichteter Mittel- bis Grobsandstein. Parallel zur Schichtung schalten sich wenige cm mächtige sandige Dolomitlinsen ein, die im Verwitterungsprofil gegenüber dem mürben Sandstein als harte Rippen hervortreten. Maßstab 1 m



Photo 13: Profil Burkunstadt-Mainroth. Sandige Dolomitknollen und -linsen in einer grobsandig-tonigen Matrix. Maßstab 0.40 m

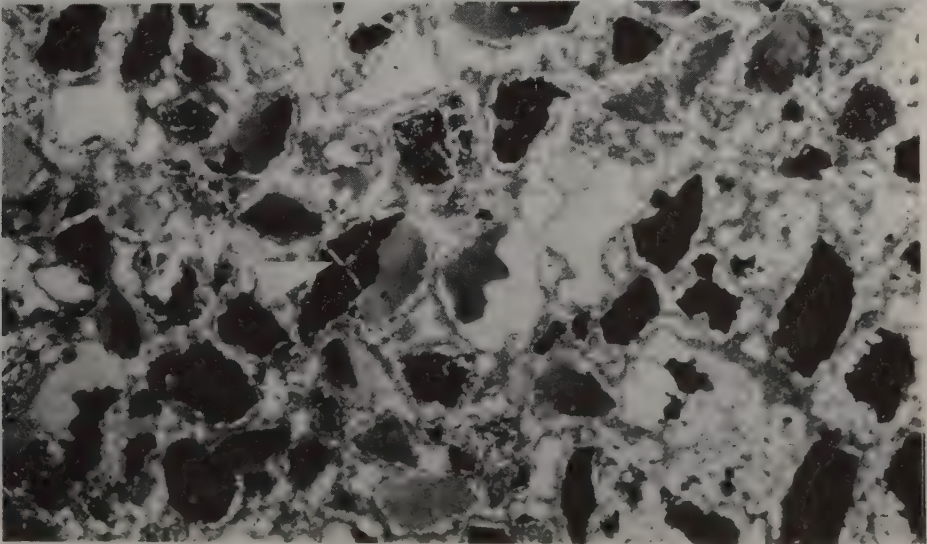


Photo 14: Mikritisch umkrusteter Quarz- und Feldspat-Detritus in einer Dolomitstein-Knolle. Einzelne Klasten zeigen Verdrängungsstrukturen durch Dolomit (s. Pfeil) Neues Genesemodell bei RICHTER (1985). Profil Burgkunstadt-Mainroth; Bildausschnitt 3.3 x 2.1 mm; Nicols +

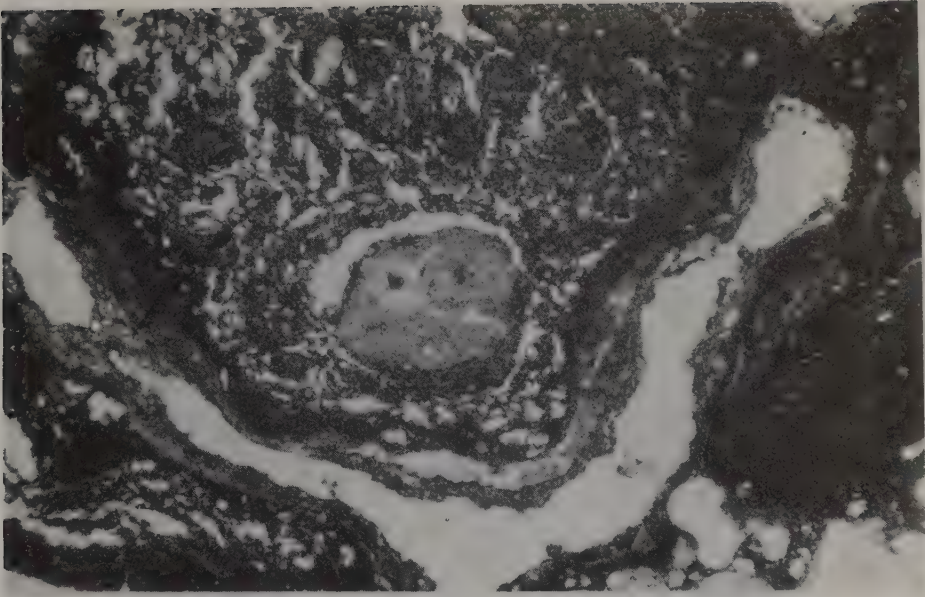


Photo 15: Mikritisch umkrusteter Dolomitstein-Klast. Auffällig ist die unsymmetrische Anlagerung des Dolomikrits. Die feinverzweigten Riß-Strukturen im Mikritzement in der oberen Bildhälfte geben Hinweis auf ein konserviertes Bioturbationsgefüge (Durchwurzelung?). Der Schwundriß im unteren Bildbereich zeigt randlich einen Mikritisaum (vadoser Zement), im linken Bildbereich mit Meniskus-Gefüge. Profil Burgkunstadt-Mainroth; Bildausschnitt 3.3 x 2.1 mm; Nicols II

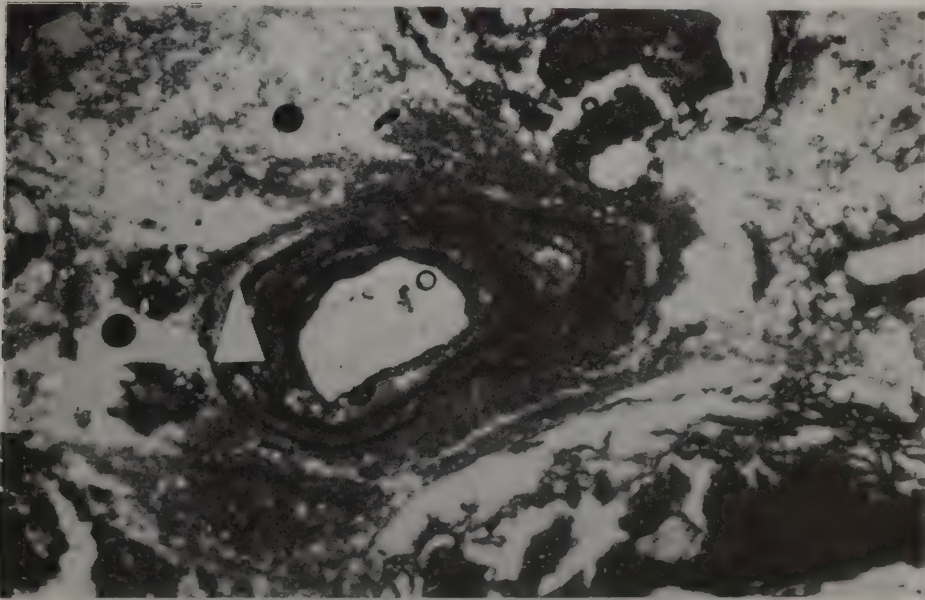


Photo 16: Pisoidische Dolomitumkrustungen im Zentrum einer sandigen Dolomitstein-Knolle. In den Mikritsäumen sind wenige Quarz-Klasten eingeschlossen. Die Lagen sind z.T. durch konzentrische Schrumpfrisse voneinander getrennt (Pfeil). Der Hohlraum im Zentrum ist randlich mit Dolomit-Zement B ausgekleidet. Profil Burgkunstadt-Mainroth; Bildausschnitt 3.3 x 2.1 mm; Nicols II



Photo 17: Feuerletten-Profil im Steinbruch an der Straße Altenstein-Junkersdorf. Knollige Dolomitstein-Säulen in einer tonig-siltigen Matrix. Maßstab 0.40 m



Photo 18: Profil im Feuerletten auf dem Betriebsgelände der Fa. ESTO-Klinker, Ebersdorf b. Coburg. Bankiges dolomitisch zementiertes Feuerletten-Konglomerat mit Schrägschichtungs-Gefüge. Im Liegenden ein unverfestigtes Aufarbeitungskonglomerat (Dolomitgerölle in tonig-grobsandiger Matrix). Maßstab 0.40 m



Photo 19: Das Photo zeigt den Dünnschliff eines Handstücks. Der Pfeil weist in Richtung Hangendes. Deutlich tritt das brekziöse Gefüge des Dolomitsteins hervor. Hauptkomponenten sind Schrumpfungsbrekzien und strukturlose Dolomikrit-Rundkörper, die durch Dolomikrit verkittet sind. Auffällig ist die hohe Porosität des Gesteins, hervorgerufen durch überwiegend parallel zum Schichtgefüge verlaufende Schwundrisse. Nach RICHTER (1985, sensu FREY-TET & PLAZIAT, 1982) ein Karbonatmarschen-Sediment. Profil Altenstein; Schliffgröße ca. 11 x 5 cm; Nicols II

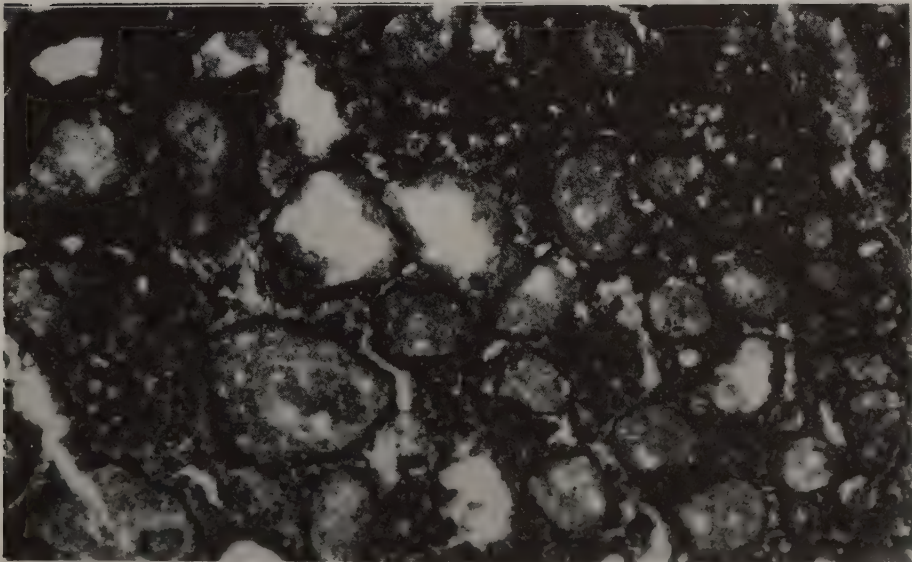


Photo 20: Dolomikrit-Klasten mit silikatischem Detritus werden von Mikritsäumen umkrustet. Profil Altenstein; Bildausschnitt 3.3 x 2.1 mm, Nicols II

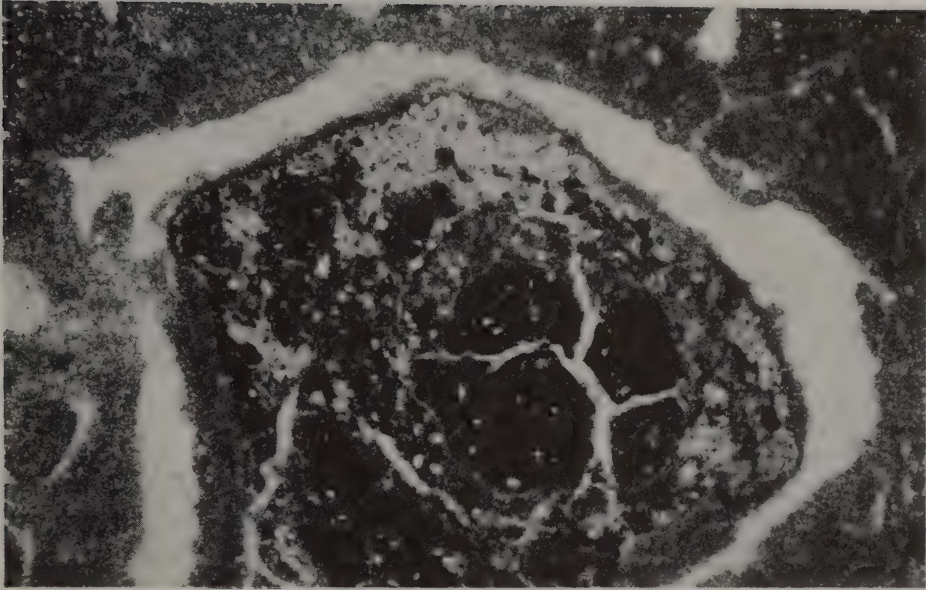


Photo 21: Mikritisch umkrusteter Silt-Klast. Dolomikrit ist in die tonig-sandige Grundmasse eingedrungen und hat das primäre Gefüge aufgelöst. Auffällig sind radiale und konzentrische Schwundrisse.

Profil Altenstein; Bildausschnitt 3.3 x 2.1 mm; Nicols II

Anhang 3: Profilbeschreibungen

Profil 1: Profil am Ochsenhügel bei Sulzfeld
beschrieben bei: ENGEL & LEWANDOWSKI, 1981

Profil 2: Profil auf dem Betriebsgelände der Firma Estoklinker,
Ebersdorf b. Coburg (Abb. 16)

R 44 33 61
Stratigraphie:

H 55 65 65
Feuerletten

TK 5732 Sonnefeld

- | | |
|--|---|
| 7) Hangendes | dunkelrot-brauner mergeliger Siltstein mit Dolomitsteinknollen; ca. 1 m über der Basis Aufarbeitungshorizont (Grobsand bis Feinkies) |
| 6) 0,70 m | bankiges Aufarbeitungskonglomerat (Dolomitstein, Tonstein, Quarz); lateral geht Bankung verloren bzw. Aufspalten in einzelne Konglomeratlagen; Baryt-XX auf Kluftflächen. |
| 5) 0,30 m | dunkelvioletter und graugrüner mergeliger Siltstein |
| 4) 0,15 m | Aufarbeitungshorizont; hellrote Dolomitsteinknollen, z.T. mit Schrumpfrissen, in einer Grobsand-Feinkies-Ton-Matrix |
| 3) 3,30 m | rot-brauner, bröckeliger Tonstein, grünfleckig, mit wenigen Dolomitstein-Knollen; Calcit-Beläge auf Klüften |
| 2) 0,40-0,50 m | grüner, rotfleckiger Tonstein mit Dolomitsteinknollen (1-2 cm Ø); Klüfte mit Calcit-Belägen |
| 1) Liegendes:
(ca. 1,60 m
anstehend) | bröckeliger, rot-brauner Siltstein mit einzelnen Dolomitstein-Knollen, knolligen -Säulen und -Lagen; Calcit-Beläge auf Kluftflächen |

Profil 3: Naturdenkmal Gruber Stein, südöstlich Coburg

R 44 28 72

H 55 67 40

TK 5732 Sonnefeld

Stratigraphie: Mittlerer Burgsandstein, Bank A (HAHN, 1965)

Profilpunkt 1 (Abb. 9)

- 6) Hangendes: isolierte Schollen von dolomitisch zementierten Grobsandstein ($\emptyset$ bis zu 1 m) sind von laminiertem und brekziiertem Dolomitstein umkrustet
- 5) 0,20-0,60 m Lage von Dolomitstein-Brekzien und -Rundkörpern (1-3 cm im $\emptyset$); an der Basis eine wenige cm mächtige laminierte Lage; die Schicht schwankt stark in der Mächtigkeit, kann aber im gesamten Aufschluß verfolgt werden; Chalcedonkrusten
- 4) 2,00-2,50 m kleinklüftiger dolomitisch zementierter Mittel- bis Grobsandstein; Sandstein wird über Schichtfugen und Klüfte von laminierten Dolomitsteinlagen durchzogen; zum Liegenden nimmt der Anteil laminierter Lagen ab; der Sandstein ist dickbankig und in cm-mächtige gradierte Zyklen differenziert
- 3) 0,20-0,30 m grüner und dunkelroter Tonstein; diese Schicht tritt in Form einer Linse auf und wurde nur in westlichen Aufschlußbereichen beobachtet
- 2) 0,50-1,00 m laminierte Dolomitstein-Lagen; Laminae z.T. brekziiert; Tepee-Strukturen; in Schichtparallelen Hohlräumen Dolomit und Baryt-XX
- 1) Liegendes (1,00-2,00 m anstehend) wie Schicht 4

Profilpunkt 2 (Abb. 9)

- 5) Hangendes: Lagen von Dolomitstein-Brekzien, darin einzelne Grobsandstein-Schollen
- 4) ca. 1,00 m am Top laminierter Dolomitstein mit Trockenriss-Strukturen; im mittleren Teil laminierte Brekzien; an der Basis laminierter Dolomitstein; in der Brekzienlage einzelne, max. faustgroße Sandsteinrelikte
- 3) max. 1,00 m dolomitisch zementierter Grobsandstein mit einzelnen Dolomit- und Quarzgeröllen
- 2) wenige mm laminierter Dolomitstein-Lagen
 bis ca 0,20 m
- 1) Liegendes: dickbankiger, dolomitisch-zementierter Grobsandstein, einzelne Dolomit- und Quarzgerölle anstehend deuten Schrägschichtung an; auf Schichtfugen laminierter Dolomitstein-Lagen

Profil 4: Steinbruch an der Straße Altenstein-Junkersdorf
(Abb. 15)

R 44 09 66 H 55 59 72 TK 5830 Pfarrweisach

Stratigraphie: Höherer Burgsandstein - Feuerletten

11) Hangendes: beige-grauer, plattiger Dolomitstein mit brekziösem Gefüge

10) 4,00-4,50 m dunkelgrüner und violetter, bröckeliger Tonstein; ab ca. 2,00 m Dolomitstein-Knollen in violetter Tonsteinmatrix

9) ca. 0,60 m beige-graue Dolomitstein-Bank

8) 1,10-2,50 m bröckeliger, rot-violetter mergeliger Tonstein mit knolligen Dolomitsäulen, intern brekziiert; Tonstein greift auf Fugen in den Dolomitstein

7) 4,60-5,00 m bröckeliger, rot-violetter Tonstein, intensiv verzahnt mit knolligen Dolomitsäulen, die zum Top hin kontinuierlich in eine brekziierte, ca. 0,40 m mächtige Dolomitstein-Bank übergehen; auf Kluftflächen Sinterbildungen

6) ca. 1,00 m hellroter, grünfleckiger stark sandiger Mergel mit Aufarbeitungsbrekzien (überwiegend Dolomitstein)

5) ca. 0,40 m bankiges Aufarbeitungskonglomerat (Quarz, sandiger Dolomitstein, Tonstein) in tonig-grobsandiger, dolomitischer Matrix

4) 1,80-2,00 m bröckeliger, rot-violetter sandiger Tonstein mit knolligen Dolomitstein-Säulen

3) 0,50-0,60 m dolomitisch zementierte Grobsandknollen und -lagen in rot-grünfleckiger, sandiger Tonmatrix

Höherer Burgsandstein:

2) ca. 1,30 m mürber, weißer Mittel- bis Grobsand mit grünen Tonschnitzen; im Sandstein vereinzelt dolomitisch zementierte Sandknollen

1) Liegendes: mürber, weißer Mittel- bis Grobsandstein, schräggeschichtet

Profil 5: Steinbruch an der Straße Brunn-Neuses a. Raueneck
(Abb. 11)

R 44 07 37 H 55 53 36 TK 5830 Pfarrweisach

Stratigraphie: Höherer Burgsandstein

- 6) Hangendes: konglomeratischer Aufarbeitungshorizont (überwiegend Quarz) mit Schrägschichtung; einzelne, wenige cm mächtige Grobsand- bis Feinkieslagen mit Gradierung
- 5) 9,50-10,00 m rot-grünstreifiger (rot überwiegt) bröckeliger, sandiger Mergel mit knolligen Dolomitstein-Säulen, die sich zu Bänken von wenigen dm-Mächtigkeit vereinen; am Top solcher Bänke häufig polygonartige Rißstrukturen; im Dolomitstein finden sich häufig Mergelbrekzien
- 4) 2,20 m schräggeschichteter, weiß-grauer, mürber Grobsand; vereinzelt Quarzgerölle
- 3) 2,80 m schräggeschichteter, weiß-grauer Grobsand bis Feinkies mit bis zu mehreren dm-großen Dolomitstein- und Tonsteingeröllen
- 2) max. 3,00 m strukturloser, grau-violetter Dolomitstein im Wechsel mit max. 1,00 m mächtigen rot-violetten Mergellagen; in den Mergellagen Dolomitstein-Knollen
- 1) Liegendes: bankiger (dm-Bereich) Grobsand bis Feinkies mit (max. 3,00 m anstehend) karbonatischem Detritus im Wechsel mit cm- bis dm-mächtigen laminierten oder brekziierten Dolomitsteinbänkchen, in Schicht-parallelen Hohlräumen und auf Kluftflächen Dolomit- und Baryt-XX

Profil 6: Profile an der B 289 Burgkunstadt-Mainroth

TK 5833 Burgkunstadt; Lage der Profile s. Abb. 12

Stratigraphie: Mittlerer Burgsandstein, Bank A
(HEGENBERGER, 1968)

Profilpunkt 1 (Abb. 12)

- 7) Hangendes: dolomitisch zementierter, bankiger Mittel- bis Grobsandstein
- 6) 0,40-0,45 m schräggeschichtetes Aufarbeitungskonglomerat (überwiegend Dolomitgerölle bis zu mehreren cm Ø); Grobsand-Matrix
- 5) 0,80 m mürber Grobsand bis Feinkies mit wenigen rot-violetten Tonsteingeröllen (Ø mehrere dm!)
- 4) 0,08 m schräggeschichtetes Aufarbeitungskonglomerat (Dolomitgerölle, Tonschnitzen) in einer Grobsand- bis Feinkies-Matrix
- 3) 0,40 m mürber Mittel- bis Grobsandstein
- 2) 0,75 m sandige Dolomitstein-Knollen (Ø cm-dm) in einer grün-violett-fleckigen sandig-tonigen Matrix
- 1) Liegendes: bankiger Mittel- bis Grobsandstein mit wenigen (ca. 1,00 m schichtparallel orientierten sandigen Dolomitstein-Linsen anstehend)

Profilpunkt 2 (Abb. 12)

- 6) Hangendes: dolomitisch zementierter Mittel- bis Grobsandstein
- 5) 1,30 m schräggeschichtetes Aufarbeitungskonglomerat (überwiegend Dolomitgerölle, Tonschmitzen)
- 4) 0,10 m mürber Mittel- bis Grobsandstein
- 3) 1,20 m bankig hervortretende sandige Dolomitstein-Knollen; grün-violett-fleckige sandig-tonige Matrix (weniger Matrix-Anteil als Schicht 2 in Profilpunkt 1)
- 2) 0,30 m bankiger Mittel- bis Grobsandstein mit wenigen schichtparallel orientierten sandigen Dolomitstein-Linsen
- 1) Liegendes: bankiger Mittel- bis Grobsandstein mit wenigen (0,40-0,50 m schräggeschichteten Fein- bis Grobkieslagen anstehend)

Profilpunkt 3 (Abb. 12)

- 4) Hangendes: schräggeschichtetes Aufarbeitungskonglomerat (Dolomitstein- und Tonsteingerölle)
- 3) 0,10 m mürber, rot-grün-fleckiger toniger Sandstein
- 2) 0,70 m hell-grün/rot-violett-fleckiger, mürber Mittelsandstein mit einzelnen, max. faustgroßen sandigen Dolomitknollen
- 1) Liegendes: bankiger Mittel- bis Grobsandstein, Anteil an (ca. 0,80 m dolomitisch zementierten Sandlinsen höher als anstehend) in Schicht 1, Profilpunkt 1

Profilpunkt 21 (Abb. 13)

- 4) Hangendes: Geröll-führender Grobsandstein, feinstreifige Schrägschichtung; an der Basis deutlich, zum Top hin schwach dolomitisch zementiert
- 3) 0,20 m Geröll-führender, stark dolomitisch zementierter Grobsandstein, Schrägschichtung
- 2) 0,80 m schräggeschichtetes Konglomerat (Komponenten: hellbrauner und roter Dolomitstein, Quarz) in dolomitisch zementierter Grobsand- bis Feinkies-Matrix
- 1) Liegendes: dolomitisch zementierter Grobsand bis Feinkies
(ca. 0,50 m anstehend)

Profilpunkt 22 (Abb. 13)

- 4) Hangendes: wie Schicht 4 in Profilpunkt 21
- 3) 0,70 m dolomitisch zementierter Grobsandstein mit wenigen Dolomitstein-Geröllen; feinstreifige Schrägschichtung
- 2) 0,55 m wie Schicht 2 in Profilpunkt 21
- 1) Liegendes: wie Schicht 1 in Profilpunkt 21; einzelne (ca. 0,80 m anstehend) Schrägschichtungsblätter mit Konglomeraten

Profilpunkt 23 (Abb. 13)

- 8) Hangendes: wie Schicht 4 und 3 in Profilpunkt 21
- 7) 1,20 m wie Schicht 2 in Profilpunkt 21
- 6) 3,00-4,00 m wie Schicht 1 in Profilpunkt 21
- 5) 0,10 m bankiger, sandiger, violetter Dolomitstein
- 4) 0,25 m dolomitisch zementierter Grobsand bis Feinkies
- 3) ca. 0,05 m rot-grün-streifiger, sandiger Mergel
- 2) 1,35 m bankiger Grobsandstein bis Feinkies; die Bank ist in cm-mächtige gradierte Zyklen differenziert, an der Basis ein wenige cm-mächtiges Aufarbeitungs-Konglomerat; es heben sich einzelne, schichtparallele dolomitisch zementierte Sandlinsen ab
- 1) Liegendes: bankiger, schwach sandiger, weißer Dolomitstein (ca. 0,80 m anstehend) zum Top nimmt der Sandanteil zu und der bankige Dolomitstein geht in ein knolliges, linsiges Gefüge mit violetten und grünen Tonschlieren über

Profilpunkt 25 (Abb. 13)

- 9) Hangendes: rot-grün-streifiger, sandiger Tonstein mit knolligen Dolomitstein-Säulen
- 8) ca. 3,00 m toniger, hellroter Mittel- bis Grobsandstein mit Lagen von sandigen Dolomitstein-Knollen; Tonanteil nimmt zum Hangenden hin zu
- 7) ca. 0,85 m bankiger, dolomitisch zementierter Mittel- bis Grobsandstein; Schrägschichtung
- 6) ca. 0,60 m schräggeschichteter, dolomitisch zementierter Grobsandstein bis Feinkies; im mittleren Teil der Bank konglomeratisch
- 5) ca. 0,60 m bankiger, dolomitisch zementierter Grobsand bis Feinkies, in 2-3 cm mächtige gradierte Lagen differenziert
- 4) ca. 0,05 m Dolomitsteinknollen ($\emptyset < 1$ cm) in rot-brauner und grüner Silt-Matrix
- 3) ca. 0,20 m stark toniger, rot-brauner Grobsandstein mit grünen, z.T. vertikal orientierten Reduktionshöfen; nach ORTLAM (1974) fossiler Bodenhorizont
- 2) ca. 0,10 m bankiger, dolomitisch zementierter, hellbeigefarbener Mittel- bis Grobsandstein
- 1) Liegendes: sandige, hellrote und grüne Dolomitsteinknollen (ca. 0,50 m anstehend)

Profilpunkt 31 (Abb. 14)

- 4) Hangendes: bankiger, dolomitisch zementierter Grobsandstein mit wenigen schräggeschichteten Fein- bis Mittelkies-Horizonten (überwiegend Dolomitstein)
- 3) 0,02-0,04 m grau-grüner, sandiger Mergel
- 2) 0,30 m grau-grüner, dichter, strukturloser Dolomitstein
- 1) Liegendes: rot-violetter, schwach mergeliger Tonstein
(ca. 0,50 m anstehend)

Profilpunkt 32 (Abb. 14)

- 3) Hangendes: wie Schicht 4 in Profilpunkt 31
- 2) 0,30 m dichter, grau-grüner Dolomitstein mit knolligem Gefüge; stark reliefierter Übergang zum Hangenden
- 1) Liegendes: rot-violetter, schwach mergeliger Tonstein; am Top ein ca. 20 cm mächtiges grünes Mergelband mit einzelnen Dolomitstein-Knollen (Ø 2-3 cm); kontinuierlicher Übergang zum Hangenden

Profilpunkt 33 (Abb. 14)

- 2) Hangendes: dolomitisch zementierter Grobsandstein mit schräggeschichteten Grobkies-Lagen (überwiegend Dolomitstein)
- 1) Liegendes: rot-violetter, schwach mergeliger Tonstein; am Top ein ca. 10 cm mächtiges grau-grünes Mergelband; Übergang zum Hangenden stark reliefiert

Profilpunkt 35 (Abb. 14)

ca. 2,00 m anstehend	bankiger, dolomitisch zementierter Grobsand- stein mit wenigen schräggeschichteten Grobkies- lagen
-------------------------	--

Profilpunkt 40 (Abb. 14)

- | | |
|--|---|
| 7) Hangendes: | dunkelviolet-grünstreifiger Siltstein mit knol-
ligen Dolomitstein-Lagen |
| 6) 0,30 m | mittel- bis grobkiesiger Aufarbeitungshorizont,
rot-grün-fleckig |
| 5) ca. 1,00 m | sandige Dolomitstein-Knollen und -Linsen in vio-
lett-grün-streifiger tonig-sandiger Matrix;
teils folgen die Karbonatkörper dem Schichtgefü-
ge, teils sind sie regellos verteilt und haben
Rhizom-artige Formen; zum Top nehmen Ton- und
Dolomitanteil an Volumen zu |
| 4) ca. 0,50 m | rotviolet-grün-streifiger, dichter Dolomit-
stein |
| 3) ca. 0,60 m | wie Schicht 5 |
| 2) ca. 0,20 m | mittel- bis grobkiesiger Aufarbeitungshorizont
mit Komponenten aus Schicht 1 |
| 1) Liegendes:
(ca. 0,50 m
anstehend) | Dolomitstein-Knollen und -Linsen mit säuligem
Verwitterungsgefüge in dunkelvioletter-hellgrü-
ner sandiger Mergelmatrix |

Profilpunkt 50 (Abb. 14)

- 5) Hangendes: mürber, schräggeschichteter Mittel- bis Grobsandstein
- 4) 0,30-0,70 m bankiger, dolomitisch zementierter Mittel- bis Grobsandstein
- 3) 0,10-0,15 m violett-hellgrün-streifiger, feingeschichteter Feinsandstein
- 2) 0,50-0,90 m stark grobsandige Dolomitstein-Knollen, -Linsen und -Knoten in rot-violetter, sandig-toniger Matrix; Dolomitanteil nimmt zum Top hin zu; die Knollen formieren sich zu Linsen mit Erstreckung von mehreren dm
- 1) Liegendes: hellgrüner und rot-violett-streifiger, schräggeschichteter Mittel- bis Feinsandstein; Farbwechsel ist am Schichtgefüge orientiert; kontinuierlicher Übergang zum Hangenden
(ca. 1,00 m anstehend)

Anhang 4:

Literaturverzeichnis

- ADAMS, J.E. & FRENZEL, H.N (1950): Captian barrier reef, Texas and New Mexico. - J. Geol., **58**; 289-312; Chicago
- ALLEN, J.R. (1960): Cornstone. - Geol.Mg., **97**, 1, 43-48, London
- ARAKEL, A.V. (1986): Evolution of calcrete in palaeodrainages of Lake Napperby area, central Australia. - Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., **54**, 283-303; Amsterdam
- ARISTARAIN, L.F. (1970): Chemical analyses of caliche profiles from High Plains, New Mexico. - Journ. Geology, **78**, 201-212, Chicago
- BEYSCHLAG, F. (1895): Blatt Rieth der geologischen Spezialkarte von Preußen und den thüringischen Staaten mit Erläuterungen (Bayer. Anteil durch THÜRACH). - Berlin
- BLANCKENHORN, M. (1898): Saurierfunde im fränkischen Keuper. - Sitz.Ber.phys.-med.Soz. Erlangen, **29**, 67-91, Erlangen
- BORG, G., LEITZ, F. & SCHRÖDER, B. (1986): Keupergliederung im Übergang zur Randfazies in N-Bayern. (Lithostratigraphy of the Keuper (Upper Triassic) in the transition zone to the marginal facies in N-Bavaria). - N.Jb. Geol.Paläont. Abh., Stuttgart (im Druck)
- BRENNER, K. (1973): Stratigraphie und Paläogeographie des Oberen Mittelkeupers in Südwest-Deutschland. - Arb.Inst. Geol.Paläont.Univ. Stuttgart, N.F., **68**, 101-222, Stuttgart
- EMMERT, U. (1964b): KEUPER. - In: Erläuterungen zur geologischen Karte von Bayern 1:500.000. - 2. Aufl., 81-120, München
- ENGEL, W. & LEWANDOWSKI, J. (1981): Geologische Karte der SE-Ecke des Maßstabsblattes 5728 Oberlauringen - Diplom-Kartierung, Bochum
- FEHRLE, C. (1978): Sedimentologische Untersuchungen des Profils zwischen Feuerletten und Lias alpha in der Tongrube Ebersdorf b. Coburg. - Diplom-Arbeit, Bochum
- FINCKH, A. (1912): Der Knollenmergel des Oberen Keupers. - Jb. Ver.vaterland.Naturk. Württemberg, **68**, 29-32, Stuttgart
- FISCHER, G. (1924): Zur Kenntnis der Entstehung der Steinmergel im fränkischen bunten Keuper. - N.Jb.f.Min.Geol.u.Pal., Bl.-Bd., **51**, 413-476, Stuttgart
- FREYTET, P. & PLAZIAT, J.-C. (1982): Continental Carbonate Sedimentation and Pedogenesis - Late Cretaceous and Early Tertiary of Southern France. - Contr. to Sedimentology, **12**, 1-213, 59 Abb., 49 Taf., Stuttgart

- FUCHTBAUER, H. & GOLDSCHMIDT, H. (1965): Beziehungen zwischen Calciumgehalt und Bildungsbedingungen der Dolomite. - Geol. Rdsch., 55, 29-40, Stuttgart
- GARDNER, L.R. (1984): Carbon und oxygen isotope composition of pedogenic CaCO_3 from soil profiles in Nevada and New Mexico, USA. - Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 47, 1, 55-73, Amsterdam
- GILE, L.H., PETERSON, F.F. & GROSSMANN, R.B. (1965): The K-Horizon: A master soil horizon of carbonate accumulation. - Soil Science, 99, 2, 74-82, Baltimore
- GILE, L.H., PETERSON, F.F. & GROSSMANN, R.B. (1966): Morphological and genetic sequences of carbonate accumulation in desert soils. - Soil Science, 101, 5, 347-360, Baltimore
- GILE, L.H. & HAWLEY, J.W. (1966): Periodic sedimentation and soil formation on an alluvial-fan piedmont in Southern New Mexico. - Soil Sci.Soc.America Proc., 30, 261-268
- GOLDSMITH, J.R. & GRAF, D.L. (1958): Structural and compositional variations in some natural dolomites. - Journ.Geol., 66, 678-693, Chicago
- GOUDIE, A.S. (1973): Duricrust in tropical and subtropical landscapes. - Clarendon Press, 1-174, Oxford
- GRÜNDER, J. (1978): Struktureller Aufbau und geomechanische Eigenschaften eines stark überkonsolidierten Tones - am Beispiel des Feuerletzens. - Veröffentlichungen des Grundbauinstitutes der Landesgewerbeanstalt, Bayern, 31, 1-100, Nürnberg
- GUMBEL, C.W.v. (1891a): Geognostische Beschreibung der Fränkischen Alb (Frankenjura) mit anstoßendem Keupergebiet. - 763 S., 6 geol. Karten; Kassel (Fischer)
- HAHN, L. (1965): Spezialgliederung des Mittleren Burgsandsteins östlich Coburg. - Geol.Bl.NO-Bayern, 15, 144-150, Erlangen
- HELMKAMPF, K.E., KUHLMANN, J. & KAISER, D. (1982): Das Rotliegende im Randbereich der Weidener Bucht. - Geologica Bavaria, 82, 167-186, München
- HSO, K.J. & SIEGENTHALER, Ch. (1969): Preliminary experiments on hydrodynamic movements induced by evaporation and their bearing on dolomite problem. - Sedimentology, 12, 11-25, 2 Abb., 1 Tab., Amsterdam
- HUBERT, J.F. (1977): Paleosol caliche in the New Haven Arkose, Connecticut: Record of semiaridity in Late Triassic - Early Jurassic time. - Geology, 5, 302-304, Boulder (USA)

- KÜSTERING, N. (1979): Kartierung des Sandsteinkeuper bis Lias im NE-Teil von Blatt 5830 Pfarrweisach. - Diplom-Kartierung, Bochum
- KREGE, B.A. (1980): Sedimentologische Untersuchung dreier Profile im Grenzbereich höherer Keuper-Lias südlich Coburg. - Diplom-Arbeit, Bochum
- KREGE, B.A. & SCHRÖDER, B. (1981): Keuper-Exkursion westlich Coburg in den Haßbergen. - Jber.Mitt.oberrhein.geol.Ver., N.F., 63, 7-13, Stuttgart
- KRUMM, H. (1965): Mineralbestand und Genese fränkischer Keuper- und Lias-Tone. - Beitr.Mineral.u.Petr., 11, 91-137, Berlin
- KRUMBECK, L. (1931): Erläuterungen zur geologischen Karte von Bayern 1:25.000, Blatt 161 Erlangen-Nord. - Geol.Landesunters.bayer. Oberbergamt, 86 S., München
- LANGBEIN, R. (1974): Zur Petrologie der Karneole des thüringischen Chirotheriensandsteins (Solling-Folge). - Chemie der Erde, 33, 4, 301-325, Jena
- LEEDER, M.R. (1975): Pedogenic carbonates and flood sediment accretion rates: a quantitative model for alluvial arid-zone lithofacies. - Geol.Mag., 112, 3, 257-270, London
- LEWANDOWSKI, J. (1983): Sedimentpetrographische Untersuchungen des höheren Sandsteinkeupers bei Bad Königshofen/Ufr. (N-Bayern). - Diplom-Arbeit, Bochum
- LORETZ, H. (1895/1895a): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preußen und den Thüringischen Staaten. - Lief. 72, Blätter Öslau und Coburg, Berlin
- MAGARITZ, M., KAUFMANN, A. & YAAALON, D.J. (1981): Calcium carbonate nodules in soils: $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ and $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios and ^{14}C contents. - Geoderma, 25, 157-172, Amsterdam
- MERTEN, U. & SCHNITZER, W.A. (1981): Zur Genese der Karbonatknuern in den Letten des fränkischen Sandsteinkeupers. - Jber.Mitt.oberrhein.geol.Ver., N.F. 63, 181-199, Stuttgart
- MÜLLER, S. (1955): Terrestrer Kalke im Stubensandstein (Mittlerer Keuper) Nord-Württembergs im Vergleich mit rezenten Bildungen. - Jh.Geol.Landesamt Baden Württemberg, 1, 217-232, Freiburg i.B.
- NÄGELE, E. (1962): Zur Petrographie und Entstehung des Albsteins. - Neues Jahrbuch Geologie u. Paläontologie Abh., 115, 1, 44-120, Stuttgart
- NAGTEGAAL, P.J.C. (1969): Microtextures in recent and fossil caliche. - Leidse Geol.Mededeel., 42, 131-142, Leiden

- NETTERBERG, F. (1967): Some roadmaking properties of South African calcretes. - Proceedings, 4th Regional Conference for Africa on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Cape Town, 1, 77-81
- (1969): The interpretation of some basic calcrete types. - South African Archaeological Bulletin, 24, 117-122
- (1971): Calcrete in road construction. - Nat.Inst. Road Research Bull., 10, 73 p., Pretoria
- ORTLAM, D. (1974): Inhalt und Bedeutung fossiler Bodenkomplexe in Perm und Trias von Mitteleuropa. - Geol.Rdsch., 63, 3, 850-884, Stuttgart
- PETERSON, M.N.A. & BORCH, C.C.v.d. (1965): Chert: Modern inorganic deposition in a carbonate-precipitating locality. - Science, 149, 1501-1503, Washington
- PRICE, W.A. (1925): Caliche and pseudo-anticlines. - Am.Ass. Petrol.Geol.Bull., 9, 1009-1017, Tulsa (USA)
- (1933): Reynosa problem of South Texas, and origin of caliche. - Am.Assoc.Petrol.Geol.Bull., 17, 488-522, Tulsa (USA)
- (1958): Sedimentology and Quaternary geomorphology of South Texas. - Trans.Gulf Coast.Assoc.Geol.Soc., 8, 41-75
- PRÖSCHOLDT, H. & THÜRACH, H. (1895): Erläuterungen zur geologischen Specialkarte von Preußen und den Thüringischen Staaten. - Blatt Römhild, Berlin
- REEVES, C.C.jr. (1970): Origin, classification and geologic history of caliche on the southern High Plains, Texas and eastern New Mexico. - Journ.Geol., 78, 352-362, Chicago
- (1976): Caliche - Estacado Books, 1-233, Texas
- RICHTER, D.K., LEITZ, F. & SCHRÖDER, B. (1980): Evaporitic and caliche sequences in the Upper Triassic near Coburg, southern Germany. - Abstr.Int.Ass.Sedimentologist, 1st European reg. Meeting Bochum, 231-234, Bochum
- RICHTER, D.K. (1984): Die Dolomite der Evaporit- und der Dolcrete-Playa-Sequenz im mittleren Keuper bei Coburg (NE-Bayern). - N.Jb.Geol.Paläont.Abh., 170, 1, 87-128, Stuttgart
- RUTTE, E. (1958): Kalkkrusten in Spanien. - N.Jb.Geol.Paläont. Abh., 106, 52-138, Stuttgart

- SEMENIUK, V. (1986): Holocene climate history of coastal south western Australia using calcrete as an indicator. - *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **53**; 289-308; Amsterdam
- SEZER, Ö.N. (1980): Sedimentpetrographie des Profils Hummendorf bei Kronach (Feuerletten und Oberer Keuper). - Diplom-Arbeit, Bochum
- SCHRÖDER, B. (1971): Strukturell-fazielle Entwicklung Nord-Bayerns während Trias und Jura. - *N.Jb.Geol.Paläont. Abh.*, **138**, 1, 101-118, Stuttgart
- (1982): Entwicklung des Sedimentbeckens und Stratigraphie der klassischen Germanischen Trias. - *Geol. Rdsch.*, **71**, 3, 783-794, Stuttgart
- STEELE, R.J. (1974): Cornstone (fossil caliche) - Its Origin, Stratigraphic and Sedimentological Importance in the New Red Sandstone, Western Scotland. - *Journ.Geol.*, **82**, 351-369, Chicago
- SUMMERFIELD, M.A. (1983): Silcrete as a palaeoclimatic indicator: evidence from Southern Africa. - *Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol.*, **41**, 1/2, 65-79, Amsterdam
- THORACH, H. (1888/89): Übersicht über die Gliederung des Keupers im nördlichen Franken im Vergleich zu den benachbarten Gegenden. - *Geogn.Jh.*, **1**, 75-162, **2**, 1-90, Cassel
- (1901): Beiträge zur Kenntnis des Keupers in Süddeutschland. - *Geogn.Jh.*, **13**, 7-53, München
- URLICH, M. (1966): Zur Fossilführung und Genese des Feuerletten, der Rhät-Lias-Grenzschiefer und des Unteren Lias bei Nürnberg. - *Erlanger geol.Abh.*, **64**, 42 S., Erlangen
- VIOHL, G. (1969): Die Keuper-Lias-Grenze in Südfranken. - *Erlanger geol.Abh.*, **76**, 81 S., Erlangen
- WALKER, T.R. (1962): Reversible nature of chert-carbonate replacement in sedimentary rocks. - *Geol.Soc.America Bull.*, **73**, 237-242, New York
- WARREN, J.K. (1983): Tepees, modern (Southern Australia) and ancient (Permian - Texas and New Mexico), a comparison. - *Sediment.Geol.*, **34**, 1-19, Amsterdam
- WELTE, D.H. (1962): Sedimentologische Untersuchungen uranhaltiger Keupersedimente aus der Umgebung von Lichtenfels bei Coburg. - *Geologica Bavaria*, **49**, 91-123, München
- WHEELER, W.H. & TEXTORIS, P.A. (1978): Triassic limestone and chert of playa origin in North Carolina. - *Journ. Sediment.Petrol.*, **48**, 765-776, Menasha (USA)
- WRIGHT, V.P. (1982): Calcrete palaeosols from the Lower Carboniferous Llanelli Formation, South Wales. - *Sediment. Geol.*, **33**, 1-33, Amsterdam

Anhang 5: Literatur-Quellen zu Fazieskarten und -profilen

GMB	Literaturquelle
5629 Römhild	DOCKTER, J., LANGBEIN, R., SEIDEL, G. & UNGER, K.P. (1967); Jb.f.Geol., 3, PRÖSCHOLDT, H. & THÜRACH, H. (1895); Erl.z.geol.Spezialkarte von Preußen u. d. Thüring. Staaten
5728 Oberlauringen	ENGEL, W. & LEWANDOWSKI, J. (1981); Diplom-Kartierung, unpubl., Bochum
5730 Heldburg	THÜRACH, H. (1889); Geognostische Jahreshefte, 2. Teil
5732 Sonnefeld	FEHRLE, C. (1978); Diplom-Arbeit, unpubl., Bochum HAHN, L. (1974); Erl.z.geol.Karte von Bayern
5829 Hofheim i. Ufr.	SCHRÖDER, B. (1976); Erl.z.geol.Karte von Bayern
5830 Pfarrweisach	KÖSTERING, N. (1979) KREGGE, B.A. (1979) unpubl. Diplom- SEZER, Ö.N. (1980) Kartierungen, YALCIN, Ö. (1980) Bochum THÜRACH, H. (1899); Geognostische Jahreshefte, 2. Teil
5831 Seßlach	GUDDEN, H. (1977); BBR, 28, 3, Köln HOFFMANN, D. (1970); Erl.z.geol. Karte von Bayern OPITZ, W. (1964); Diplom-Arbeit, unpubl., Erlangen
5833 Burgkunstadt	HEGENBERGER, W. (1968); Erl.z.geol. Karte von Bayern
5930 Ebern	KREGGE, B.A. (1979); unpubl. Diplom-Kartierung, Bochum
5931 Ebensfeld	JANETZKO, P. & ROLOFF, A. (1970); Erl.z.geol. Karte von Bayern

- 5934 Thurnau KÜRMANN, H. (1982); unpubl. Diplom-Kartierung, Bochum
SCHUMACHER, R. (1982); unpubl. Diplom-Kartierung, Bochum
DIETRICH, R.W. (1982); unpubl. Diplom-Kartierung, Bochum
- 6030 Eltmann FLACHE, D. (1986); unpubl. Diplom-Kartierung, Bochum
- 6034 Mistelgau KÜRMANN, H. & SCHRÖDER, B.; unpubl. Profilaufnahme über Gliederung der Bhrg. Obernsees; pers. Mitt. 1983
- 6035 Bayreuth EMMERT, U. (1977); Erl.z.geol.Karte von Bayern
TÜHRACH, H. (1889); Geognostische Jahreshefte, 2. Teil
- 6131 Bamberg-Süd KOSCHEL, R. (1970); Erl.z.geol.Karte v. Bayern
KRISL, P.; unpubl. Manuskript
- 6135 Creußen HAUNSCHILD, H. (1979b); Geol.Bl.NO-Bayern, 29; Gliederung der Bohrung nach SCHRÖDER, (mündl. Mitt.)
- 6137 Kemnath SCHRÖDER, B. & SIEGLING, M. (1966); Erl.z.geol. Karte von Bayern
- 6231 Adelsdorf HAARLÄNDER, W. (1963); Erl.z.geol. Karte von Bayern
LEITZ, F.; unpubl. Profil der Bhrg. Schlüsselau
- 6232 Forchheim KRUMBECK, L. (1956); Erl.z.geol. Karte von Bayern
- 6236 Eschenbach NEUPERT, E. (1959); Erlanger geol. Abh., 32, Erlangen
- 6332 Erlangen Nord SCHRÖDER, B. (1968); Erl.z.geol. Karte von Bayern
- 6337 Kaltenbrunn TILLMANN, H. (1958); Erl.z.geol. Karte von Bayern; Gliederung der Bhrg. Freihung nach GUDDEN, H. (1966); Geol. Bl. NO-Bayern, 16

- 6432 Erlangen Süd HAARLÄNDER, W. (1966); Erl.z.geol. Karte von Bayern
- 6433 Lauf a.d.Peg. HÄNEL, R. (1974); Erl.z.geol. Karte von Bayern
- 6434 Hersbruck unpubl. Bohrungen der ESSO-Erz, Nürnberg
- 6436 Sulzbach-Rosenberg HAUNSCHILD, H. (1980); Geol.Bl.NO-Bayern, **30**; Gliederung nach SCHRÖDER (mündl. Mitt.)
- 6435 Pommelsbrunn GUDDEN, H. (1966); Geol.Bl.NO-Bayern, **26**
- 6437 Hirschau SCHRÖDER, B.; unpubl. Geländeprofil
- 6533 Röthenbach a.d.Peg. URLICHS, M. (1966); Erlanger geol. Abh., **64**
- 6633 Feucht BERGER, K. (1979); Erl.z.geol. Karte v. Bayern
RIETZLER, H. (1978); Geol.Bl.NO-Bayern, **28**
SCHRÖDER, B. (1970); Geol.Bl.NO-Bayern, **20**
- 6634 Altdorf SCHMIDT-KALER, H. (1974); Erl.z.geol. Karte von Bayern
- 6635 Lauterhofen SALGER, M. & SCHMID, H. (1982); Geologica Bavarica, **83**
- 6639 Wackersdorf TILLMANN, H. (1952); Geologica Bavaria, **14**
- 6640 Neunburg v. Wald BADER, H. (1959); Erl.z.geol. Karte von Bayern
- 6733 Allersberg BERGER, K. (1969); Erl.z.geol. Karte von Bayern
- 6830 Gunzenhausen BERGER, K. (1970); Erl.z.geol. Karte von Bayern
- 6831 Spalt BORG, G. (1983); Diplom-Arbeit, unpubl.; Bochum
- 6832 Heideck BERGER, K. (1968); Erl.z.geol.Karte von Bayern

- 6833 Hilpoltstein unpubl. Bohrprofile der Deutschen BP AG (1980)
GRUB, H. (1956); Erlanger geol. Abh., 21
- 6834 Berching GUDDEN, H. (1982); Geologica Bavarica, 30;
SCHMIDT-KALER, H. (1981); Erl.z.geol. Karte von Bayern
- 6837 Kallmünz SCHMID, H. (1982); Geologica Bavarica, 83
- 6929 Wassertrüdingen HAUNSCHILD, H. (1965); Geol.B1.NO-Bayern, 15
HAUNSCHILD, H. (1969); Geologica Bavarica, 61
- 6931 Weißenburg HAUNSCHILD, H. (1965); Geol.B1.NO-Bayern, 15
- 6934 Beilngries BIRZER, F. (1976)
- 6938 Regensburg BAUBERGER, W., CRAMER, P. & TILLMANN, H. (1969); Erl.z.geol. Karte v. Bayern
- 7031 Treuchtlingen RIETZLER, J. (1981); Geol.B1.NO-Bayern, 31
SALGER, M. & SCHMIDT-KALER, H. (1978); Geol.B1.NO-Bayern, 28
- 7032 Bieswang RIETZLER, J. (1981) Geol.B1.NO-Bayern, 31
- 7036 Riedenburg SCHMIDT-KALER, H. (1969); Geol.B1.NO-Bayern, 19
- 7126 Aalen BRUNNER, et.al. (1981); Jg.Ges.Naturkde. Württemberg, 136. Jahrg.
- 7133 Eichstätt RIETZLER, J. (1981); Geol.B1.NO-Bayern, 31

Lebenslauf

Name:	Hans-Jürgen Moses
geboren:	19.06.1954 in Duisburg
1960 bis 1965	Besuch der Volksschule in Duisburg
1965 bis 1970	Besuch der Realschule in Duisburg und Essen
1970 bis 1973	Besuch des Aufbaugymnasiums in Essen
1973	Beginn des Studiums der Geologie an der Ruhr-Universität Bochum
1979	Diplom-Hauptprüfung am 19. März 1979 mit der Diplomarbeit und der Diplomkartierung "Aufbau, Chemie und Petrographie der spät-quartären Vulkane Sattel-Berg, Plaidter Hummerich, Kollert und Korretsberg in der Osteifel" unter der Betreuung von Prof. Dr. H.U. Schmincke
März 1979 bis März 1980	Erste Gelände- und Laborarbeiten zur Dissertation
24.03.1980 bis 31.12.1982	Feldgeologe der Gelsenberg AG Abt. Mineralien
02.01.1983	Fortführung der Dissertation
20.01.1984 bis 14.04.1985	Mitarbeiter am Institut für Umwelt- und Zukunftsforschung, Bochum
seit 15.04.1985	Mitarbeiter der PRAKLA-SEISMOS AG, Abteilung Brunnenbau Ausland, Hannover

